

**EL VENTRÍCULO TERMINAL DEL TITÍ GRIS (*Saguinus leucopus*, Günther 1876): Una
visión morfológica.**

MIGUEL ALEJANDRO AGUIRRE GARCÍA

INFORME PRESENTADO AL PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS
VETERINARIAS, ÁREA DE CONCENTRACIÓN: NEUROANATOMÍA, COMO PARTE DE
LOS REQUISITOS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER.

UNIVERSIDAD DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

MANIZALES

2021

**EL VENTRÍCULO TERMINAL DEL TITÍ GRIS (*Saguinus leucopus*, Günther 1876): Una
visión morfológica.**

MIGUEL ALEJANDRO AGUIRRE GARCÍA

Médico Veterinario Zootecnista.

INFORME PRESENTADO AL PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS
VETERINARIAS, ÁREA DE CONCENTRACIÓN: NEUROANATOMÍA, COMO PARTE DE
LOS REQUISITOS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER.

DIRECTOR: JORGE EDUARDO DUQUE PARRA, D. Sc

CODIRECTOR: JUAN FERNANDO VÉLEZ GARCÍA, M. Sc

UNIVERSIDAD DE CALDAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

MANIZALES

2021

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por su apoyo incondicional y por haberme brindado el privilegio de estudiar.

A mi hija, por ser el motor de mi existencia.

A mi compañera de vida, por ser un apoyo fundamental en mi vida.

Al profesor Héctor Gabriel Zapata Herrera, por ser mi mentor, mi ejemplo y un apoyo extraordinario, tanto en lo profesional como en lo personal.

A mi tutor y cotutor de tesis, por su paciencia y por sus aportes a mi formación y al desarrollo de este trabajo.

Tabla de contenido

1. Resumen.....	5
2. Abstract.....	6
3. Lista de figuras.....	7
4. Lista de tablas	8
5. Abreviaturas.....	9
6. Justificación	10
7. Hipótesis general.....	11
8. Introducción	12
9. Marco teórico.....	15
10. Objetivos.....	22
11. Material y método.....	23
12. Resultados.....	25
13. Discusión.....	29
14. Conclusiones.....	34
15. Recomendaciones	36
16. Referencias Bibliográficas	37

1. Resumen

El Ventrículo terminal es una dilatación del sistema ventricular localizada dentro de la médula espinal, en la parte terminal identificada como el cono medular, la cual se encuentra recubierta por células endimarias que están involucradas en la dinámica del líquido cerebro espinal. En el presente estudio, fueron disecados cuatro especímenes de *Saguinus leucopus*, dos machos y dos hembras, a los cuales les fue extraída la médula espinal, la cual fue procesada bajo tinción de hematoxilina y eosina, de cortes a nivel del cono medular.

El Ventrículo terminal de *S. leucopus* fue observado en el cono medular, contando con un diámetro promedio de 241.38 (± 27.6) μm . De este modo, la presencia del ventrículo terminal a nivel del cono medular de *S. leucopus* fue confirmada, información de utilidad en el área de la anatomía comparada, así como en la práctica médica y quirúrgica de los veterinarios que trabajan con esta especie.

Palabras clave: células endimarias, cono medular, médula espinal, *Saguinus leucopus*.

2. Abstract

The terminal ventricle is a dilation of the ventricular system located within the spinal cord, in the terminal part known as the medullar conus, which is enveloped in ependymal cells that are involved in the dynamic of the cerebrospinal liquid. In the present study, four *Saguinus leucopus* specimens were dissected, two males and two females, whose spinal cords were extracted and histologically processed via hematoxylin and eosin stains of cuts at the conus medullaris. The *S. leucopus*' terminal ventricle was observed at the conus medullaris, and had an average diameter of 241.38 (± 27.6) μm . Thus, the presence of the terminal ventricle in the *S. leucopus* at the level of the conus medullaris was established, useful information for the compared anatomy field, as well as for the medical and surgery practice for veterinarians that works with this species.

Key words: Ependymal cells, Medullary cone, Spinal cord, *Saguinus leucopus*.

3. Lista de figuras

Página

Figura 1. Imagen estereoscópica de la columna vertebral de *S. leucopus* a nivel de L4 y L5.....25

Figura 2. Imagen estereoscópica del canal vertebral de *S. leucopus*.....26

Figura 3. Imagen estereoscópica del cono medular de *S. leucopus*.....26

Figura 4. Corte histológico de la médula espinal de *S. leucopus*.....27

Figura 5. Corte histológico en el que se identifica el quinto ventrículo en *S. leucopus*.....27

4. Lista de tablas

Página

Tabla 1. Mediciones histológicas del VT de *S. leucopus*.....28

5. Abreviaturas

LCE – Líquido Cerebroespinal

VT – Ventrículo terminal

S. leucopus – *Saguinus leucopus*

H. sapiens sapiens – *Homo sapiens sapiens*

SV – Sistema ventricular

CORPOCALDAS – Corporación Autónoma Regional de Caldas

6. Justificación

Los primates son especies clave en la evaluación de estrategias de conservación de la biodiversidad en áreas específicas (Rylands et al., 1997); *Saguinus Leucopus* es una especie de primate endémico de Colombia, actualmente considerada en estado de vulnerabilidad (Link et al., 2021), de la cual existen escasos estudios acerca de su anatomía (Stevenson et al., 2010). La enseñanza de la anatomía animal en los programas de medicina veterinaria se basa en el estudio de especies domésticas, lo cual hace que este tipo de información sea de difícil acceso o incluso inexistente respecto a especies silvestres (Aversi-Ferreira et al., 2018), siendo los relacionados con el sistema locomotor y nervioso del esqueleto apendicular, principalmente los del miembro torácico, los que más se encuentran en la literatura científica de este tipo (Duque-Parra & Vélez, 2014; Vélez-García et al., 2016). El conocimiento de las diferentes estructuras anatómicas de esta especie es un aspecto fundamental para su conservación, ya que proporciona información valiosa para comprender aspectos estructurales, funcionales, evolutivos y comparativos (Monroy-Cendales et al., 2020).

El estudio de las características anatómicas como las que puede presentar la médula espinal de *S. leucopus*, pretende un abordaje preciso por parte de los profesionales encargados al momento de realizar procedimientos médicos y quirúrgicos, teniendo en cuenta que, en otras especies de primates como los humanos, la presencia del ventrículo terminal (VT) es considerada una dilatación anómala ocasionada por inflamación, patología vascular, compresión o isquemia medular (Nassar et al., 1968).

7. Hipótesis general

El *S. leucopus* presenta una dilatación del canal central de la médula espinal a nivel del cono medular, la cual corresponde al VT.

8. Introducción

Colombia es uno de los países más ricos en cuanto a la diversidad de especies animales que habitan su territorio, ocupando el cuarto lugar a nivel mundial con respecto a la cantidad de mamíferos que posee (Castaño-Salazar *et al.*, 2003). Ocupa el segundo puesto en cuanto a su cantidad de primates neotropicales, contando con al menos 34 especies de primates no humanos (Defler, 2010), de las cuales cinco son de tipo endémico: *Saguinus oedipus* o tití cabeciblanco, *Callicebus ornatus* o mono zocay, *Callicebus caquetensis* tongo o macaco, *Aotus brumbacki* o mico de noche llanero, y *Saguinus leucopus* o tití gris (Bairrão-Ruivo & Wormell, 2012; Defler *et al.*, 2013). Los primates son especies primordiales dentro de los planes de conservación de los bosques tropicales, ya que son fundamentales para la estimación de estrategias de preservación de la biodiversidad en un área específica (Castañeda *et al.*, 2010).

El *S. leucopus* - Günter, 1876, cuyo nombre común es mono tití, o tití gris, es una especie de primate endémica de Colombia (Duque-Parra & Vélez, 2014), el cual se encuentra en la lista roja de especies en peligro de extinción, clasificada como vulnerable, según los criterios de la Unión internacional para la conservación de la naturaleza (Link *et al.*, 2021), debido a la cacería ilegal y la pérdida de su hábitat resultado de actividades humanas. Cuenta con el área de distribución más pequeña de todas las especies de primates del género *Saguinus*, la cual se ha reducido hasta el momento en un 89%, principalmente por actividades agropecuarias y la construcción de obras civiles (Defler, 2010). Otra grave amenaza para la conservación del *S. leucopus*, es el hecho de ser una especie de primate con alta demanda en el comercio ilegal de animales silvestres, por lo que es común encontrarlo en centros de atención y valoración de fauna, zoológicos y centros de paso, en donde con frecuencia requieren atención veterinaria debido a afecciones relacionadas con diestrés agudo o crónico, así como traumatismos ocasionados durante los procesos de captura en

el medio natural, transporte, comercialización, y peleas grupales, teniendo una mortalidad elevada (Fox *et al.*, 2008; Defler, 2010; Varela *et al.*, 2010), siendo fundamental el conocimiento de las estructuras anatómicas de estos primates para efectuar tratamientos adecuados en esta especie.

Las publicaciones sobre las características fisiológicas y anatómicas del *S. leucopus* son muy limitadas (Stevenson *et al.*, 2010; Vélez-García *et al.*, 2016), a pesar de que son requeridas y necesarias para realizar un mejor manejo de la especie en cautiverio, siendo más comúnmente encontradas publicaciones sobre su ecología y distribución natural, así como su historia natural (Defler, 2010; Castañeda *et al.*, 2010). La escasez de publicaciones veterinarias en estos campos, es una frecuente desventaja a la hora de buscar datos de las especies de primates neotropicales, por lo que los médicos veterinarios que se dedican a laborar como clínicos de animales silvestres nativos de nuestras regiones, deben limitarse a consultar literatura sobre especies domésticas o extrapolar otro tipo de información disponible, para establecer un diagnóstico que probablemente no sea el más acertado, o realizar un abordaje quirúrgico basado en descripciones anatómicas de especies taxonómicamente similares, sin tener en cuenta las posibles variaciones interespecíficas que puedan existir (Larsson *et al.*, 1999; Riviello & Wirz, 2001; Nuñez *et al.*, 2008; Roqueline *et al.*, 2018).

El conocimiento del sistema nervioso de las diversas especies animales, es de gran importancia en la práctica veterinaria (Souza *et al.*, 2013). La descripción del VT del *S. leucopus*, generará datos que podrán ser aplicados en la práctica clínico-quirúrgica de los profesionales de la medicina que trabajan con esta especie, debido a que se abrirá la posibilidad de realizar abordajes médicos y procedimientos quirúrgicos en la parte terminal de la médula espinal, siendo ya conocido que en esta región se pueden presentar alteraciones morfológicas como sucede en otras especies de primates como el humano, dando lugar a sintomatología de tipo neurológico que incluye

alteraciones sensoriales, motoras y disfunciones uorrectales (Brisman *et al.*, 2006; Moore *et al.*, 2010; Kawanishi *et al.*, 2016; Lotfinia & Mahdkhah, 2018; Fletcher *et al.*, 2019); por tanto, la descripción detallada de esta estructura puede tener un importante valor clínico (Cribillero *et al.*, 2009), permitiendo al profesional veterinario implementar tratamientos médicos y quirúrgicos eficientes en diversas áreas, como la ortopedia, la neurología, o en enfermedades como neoplasias o heridas que requieran algún tipo de intervención quirúrgica. De esta forma se puede mejorar la atención médica en los sitios especializados en el manejo de estos animales, aumentando así, sus probabilidades de supervivencia, y generando un valioso aporte para su conservación.

Este conocimiento puede servir como apoyo para comprender aspectos filogenéticos y ontogenéticos que contribuyan a explicar particularidades evolutivas, ya que este tipo de características, pueden explicar diversas adaptaciones entre especies (Aversi-Ferreira *et al.*, 2005), asociadas con su disposición morfológica y hábitos locomotores (Duque-Parra & Vélez, 2014).

El presente proyecto de investigación es llevado a cabo por el Grupo de Investigación en Morfología de Caldas y CIENVET, hace parte del macroproyecto “Anatomía macroscópica del tití gris, *Saguinus leucopus* – Günter, 1876”, que busca reportar la anatomía completa del *S. leucopus* y de otros primates neotropicales de Colombia; tiene el Aval Bioético de la Universidad del Tolima para la realización del mismo, y pretende responder la pregunta acerca de si en esta especie de primate existe la estructura anatómica conocida como quinto ventrículo o ventrículo terminal, información que de conocimiento de los autores aún no ha sido publicada, brindándole a los estudiantes y profesionales de la medicina veterinaria y profesiones afines, datos que van a complementar sus conocimientos en anatomía animal para su formación profesional.

9. Marco teórico

El tití gris (*S. leucopus*_Günther, 1876) es un primate endémico de Colombia (Ruiz-García *et al.*, 2014), el cual se encuentra catalogada como vulnerable en la lista roja de especies en peligro de extinción (Castañeda *et al.*, 2010; Link *et al.*, 2021), siendo sus mayores amenazas la presión sobre su hábitat natural, debida a la construcción de obras civiles, al aumento de la frontera agropecuaria y el tráfico ilegal de especies silvestres (Cuartas, 2001; Defler, 2010; Castañeda *et al.*, 2010; Bairrão-Ruivo & Wormell, 2012).

Clasificación taxonómica de la especie

Según Defler (2010) y Perelman *et al.*, (2011) la clasificación taxonómica de *S. leucopus* es la siguiente:

- Reino: Animalia
- Clase: Mammalia
- Orden: Primates
- Suborden: Haplorrhini
- Infraorden: Simiiformes
- Parvorden: Platyrrhini
- Familia: Cebidae
- Subfamilia: Callitrichinae
- Género: *Saguinus*
- Especie: *S. leucopus* (Günther, 1876)

Distribución natural

El *S. leucopus* se encuentra distribuido desde la orilla oriental del bajo río Cauca, la orilla occidental del río Magdalena medio y el piedemonte de la cordillera Central hasta los 1500 msnm; esta distribución abarca el nordeste del Departamento de Antioquia, el sur de Bolívar, el oriente de Caldas y el norte del Tolima en la parte occidental del río Magdalena, donde se incluye la ciudad de Mariquita (Hernández-Camacho & Cooper, 1976; Defler, 2010). En un principio, esta especie se encontraba distribuida en un área de 49,000 km² aproximadamente, sin embargo, debido a la reducción y fragmentación de su hábitat, se estima que ha perdido alrededor del 60% de esta distribución (Roncancio *et al.*, 2013), alcanzando unos 29.000 Km², la más pequeña entre las diferentes especies de *Saguinus* (Defler, 2003).

Características morfológicas

El *S. leucopus* es un primate pequeño, con una longitud corporal de 23 a 25 cm, y un peso promedio de 460 gramos en adultos (Defler, 2003; Castañeda *et al.*, 2010). Su pelaje es café en la base del dorso, aclarándose hacia la punta; su abdomen es de color ferruginoso, su cola peluda y café, con su extremo más distal de color blanco y no prensil (Defler, 2010). La cara está desprovista de pelaje, y rodeada por una delgada franja de pelo blanco, en su región cervical el pelaje es de color café; las manos, el antebrazo y los pies presentan pelaje blanco, teniendo garras en vez de uñas aplanadas dorso-palmarmente, aunque presenta una uña de esta última característica en el I dedo del pie; su fórmula dentaria es: (I2/2, C1/1, P3/3, M2/2) x 2 para un total de 32 dientes (Defler, 2003). Su promedio de vida en estado salvaje es de 18 años aproximadamente (Poveda, 2000).

Investigaciones en la especie

Las investigaciones y escritos formales en la especie son escasos, pudiendo deberse esto a que se trata de una especie endémica, sobresaliendo investigaciones realizadas en el campo de su ecología (Alba-Mejía *et al.*, 2013), y biología (Defler, 2010; Castañeda *et al.*, 2010). Han sido realizados censos *in situ* (Poveda & Sánchez, 2004), así como investigaciones en el área de vocalizaciones grupales (Fuentes *et al.*, 2013); genética (Tabares *et al.*, 2008; Posada *et al.*, 2012; Ruiz-García *et al.*, 2014); reproducción (Poches *et al.*, 2013); hematología y bioquímica de la especie (Fox *et al.*, 2008; Castañeda & Buriticá, 2013), y conservación (Ruivo *et al.*, 2005).

En el área de morfología, los trabajos son escasos (Stevenson *et al.*, 2010), encontrándose actualmente estudios realizados por Duque-Parra & Vélez (2014), Duque-Parra *et al.*, (2014), Vélez-García & Duque-Parra (2016), Monroy-Cendales *et al.*, (2020), quienes han llevado a cabo descripciones anatómicas y funcionales de diversas estructuras, principalmente de los componentes del plexo braquial, músculos y huesos del miembro torácico de esta especie.

Anatomía del Sistema Ventricular

El sistema ventricular (SV) está compuesto por cuatro cavidades comunicadas entre sí al interior del encéfalo, además del canal central y del VT a nivel de la médula espinal, que participan en la elaboración y circulación del líquido cerebroespinal - LCE (Mortazavi *et al.*, 2014). Este líquido atraviesa el SV de forma unidireccional, de manera rostro caudal, comunicándose también con el espacio subaracnoideo craneal y espinal, el cual constituye su principal sitio de reabsorción (Stratchko *et al.*, 2016; Yamada & Kelly, 2016).

Cuatro ventrículos se encuentran a nivel del cerebro: dos ventrículos laterales en los hemisferios, un tercer ventrículo en el diencéfalo, y el cuarto ventrículo ubicado por detrás del tronco

encefálico; allí se encuentran los plexos coroideos, que son componentes neuro conectivos y vasculares, los cuales poseen un epitelio simple cuboideo (Del Bigio, 2010), con microvellosidades finas e irregulares, que aumentan la superficie celular con el fin de contribuir a su actividad secretora y producción de LCE (Tamega *et al.*, 2000; Lun *et al.*, 2015). Además, existe un quinto ventrículo a nivel de la parte más caudal (inferior) de la médula espinal, el cual es una dilatación de su canal central, conocido también como el VT (Duque-Parra *et al.*, 2017; Khan & Lui, 2020). Se ha demostrado a través de diversos estudios experimentales, clínicos, y morfológicos (Bradbury & Lathem, 1965; Chern *et al.*, 2011; Thouvenin *et al.*, 2020; Kumar *et al.*, 2021), que el canal central de la médula espinal a nivel del *filum terminal* constituye una ruta alterna para el drenaje y reabsorción del LCE (Marín-García *et al.*, 1995). En humanos, durante el periodo gestacional y a edad temprana, el epitelio que recubre a este canal es pseudoestratificado ciliado, y, después de la segunda década de vida, este epitelio se convierte en simple columnar o cuboidal, cerrándose su espacio a dicha edad en la mayoría de los casos. Por el contrario, se ha encontrado que, en diversas especies como los conejos o los perros, este canal permanece como una cavidad real durante toda su vida (Marín-García *et al.*, 1995).

El VT ha sido reportado en diversas especies animales, en rayas como *Raja clavata*, marsupiales como *Didelphis virginiana*, roedores como *Mus musculus* y *Cavia porcellus* (Vigh *et al.*, 1983), aves como *Gallus gallus* (Uehara & Ueshima, 1985), ungulados como *Ovis aries* (Storer *et al.*, 1998), y carnívoros como *Canis lupus familiaris* (Fitzgerald, 1967; Marín-García *et al.*, 1995; Fletcher, 2013). En *H. sapiens sapiens*, el VT se encuentra ubicado a nivel del cono medular (Sakata *et al.*, 1993), como una cavidad lineal que se continúa con el canal central de la médula espinal (Bellocchi *et al.*, 2013), y se halla recubierto por células ependimarias ciliadas, similar al de *Canis familiaris lupus* (Fletcher, 2013). Este ventrículo, descrito por primera vez por Stilling

en 1859 (Liccardo *et al.*, 2005; Brisman *et al.*, 2006), se forma entre los días 43 a 48 del período embrionario (Brisman *et al.*, 2006; Severino & Severino, 2017; Fletcher–Sandersjö *et al.*, 2019), mediante diversos procesos de diferenciación; sin embargo, alcanza sus mayores dimensiones sólo hasta los dos años y medio de edad (Bellocchi *et al.*, 2013).

La médula espinal pasa por dos etapas de su formación durante el periodo embrionario: neurulación y canalización, seguidas por diferenciación retrógrada. La primera etapa implica la flexión y cierre de la placa neural para formar el tubo neural, es en este proceso en el cual se forma la mayor parte de la médula espinal. (Liccardo *et al.*, 2005; Bellocchi *et al.*, 2013; Kawanishi *et al.*, 2016; Lotfinia & Mahdkhah, 2018; Fletcher–Sandersjö *et al.*, 2019).

Durante la cuarta semana de desarrollo ocurre la neurulación, la notocorda y el mesodermo paraxial inducen la superposición del ectodermo para diferenciarse en la placa neural, el tercio caudal de esta y el tubo neural representan la futura médula espinal (Saker *et al.*, 2016). La fusión del pliegue neural ocurre en dirección craneal a caudal hasta que solo pequeñas áreas del tubo neural permanecen abiertas en ambos extremos, con su luz comunicándose libremente con la cavidad amniótica (Moore *et al.*, 2018). La abertura craneal, el neuroporo rostral, se cierra alrededor del día 25 y el neuroporo caudal se cierra el día 27, momento en el que el canal neural se convierte en el SV del encéfalo y el canal central de la médula espinal (Saker *et al.*, 2016). Posterior a la neurulación, el extremo caudal del tubo neural y la notocorda se unen para convertirse en un agregado de células indiferenciadas denominadas “masa celular caudal”. Pequeñas vacuolas se desarrollan a este nivel, dentro de esta masa celular, formando un tubo endimario lineal que se fusiona en su parte más rostral con el canal central, dando origen al VT (Liccardo *et al.*, 2005; Bellocchi *et al.*, 2013). El papel fisiológico del VT es incierto, aunque

podría actuar como un mecanorreceptor para indicar variaciones en la presión del LCE (Lotfinia & Mahdkhah, 2018).

Otro rasgo importante, es el que presentan las células que revisten el canal central de la médula y el VT, ya que, en roedores, se ha demostrado que este epitelio contiene una población de células vástago, las cuales se activan luego de que ocurran lesiones, y se dividen para expandir la población local de células ependimarias (Meletis *et al.*, 2008), características importantes que deben ser estudiadas a fondo por su potencial utilidad práctica en el área médica. Estudios equivalentes se han realizado en macacos adultos, encontrándose resultados similares y semejanzas con dichas estructuras en humanos (Alfaro-Cervello *et al.*, 2014).

En humanos, el VT se encuentra presente durante su desarrollo fetal, y normalmente involuciona después del nacimiento; sin embargo, ha sido detectado incidentalmente en pacientes menores de 5 años sometidos a resonancia magnética por enfermedades no asociadas con el mismo; es extremadamente rara su detección en adultos (Liccardo *et al.*, 2005; Brisman *et al.*, 2006; Stratchko *et al.*, 2016; Lotfinia & Mahdkhah, 2018). La persistencia del VT durante la edad adulta representa un fallo en la regresión de esta estructura, y es considerado un desorden que da origen a múltiples alteraciones, incluyendo algunas de tipo nervioso como el síndrome de cauda equina, disturbios sensoriales y motores, dolores inespecíficos en la parte baja de la espalda, síntomas neurológicos en los miembros inferiores y disfunciones urorectales (Brisman *et al.*, 2006; Kawanishi *et al.*, 2016; Domingo *et al.*, 2020; Lee *et al.*, 2020), debidas a la acumulación progresiva de LCE y agrandamiento quístico de su cavidad (Severino & Severino, 2017). En algunos casos se ha descrito el aumento de su volumen debido a hemorragias meníngeas postraumáticas, estenosis o deformidades del canal vertebral, o como secuela de inflamación, patologías vasculares, compresión o isquemia del cordón espinal (Woodley-Cook *et al.*, 2016), o

asociado a patologías deformantes del sistema nervioso central como el síndrome de Chiari, siringohidromielia, espina bífida, mielomeningocele, etc. Una vez confirmada la persistencia del VT en humanos, pueden ser llevados a cabo dos tipos de tratamiento: conservador o quirúrgico; este último consiste en el vaciado de la cavidad quística y su marsupialización (Liccardo *et al.*, 2005). El conocimiento anatómico de esta estructura es un factor de relevante importancia para la realización de procedimientos quirúrgicos exitosos.

Información del VT en primates

Estudios histopatológicos del canal central de la médula espinal han sido llevado a cabo en macacos adultos - *Macaca fascicularis* (Alfaro-Cervello *et al.*, 2014). En *H. sapiens sapiens* los diversos reportes acerca del VT están orientados a la documentación de casos clínicos, los trastornos que genera su persistencia durante la adultez, su diagnóstico y tratamiento (Kriss *et al.*, 2000; Liccardo *et al.*, 2005; Brisman *et al.*, 2006; Bellocchi *et al.*, 2013; Kawanishi *et al.*, 2016; Saker *et al.*, 2016; Woodley-Cook *et al.*, 2016; Severino & Severino, 2017; Lotfinia & Mahdkhah, 2018; Fletcher–Sandersjöo *et al.*, 2019; Domingo *et al.*, 2020; Lee *et al.*, 2020; Tuleasca *et al.*, 2020).

10. Objetivos

Objetivo General

Establecer la existencia del VT en *S. leucopus* -Günter, 1876.

Objetivos Específicos

- Identificar la ubicación anatómica del VT de *S. leucopus*.
- Establecer las dimensiones de VT de *S. leucopus*.
- Describir las características histológicas más relevantes del VT de *S. leucopus*.
- Comparar la información obtenida del VT de *S. leucopus* con la existente en *H. sapiens sapiens*.
- Comparar la información obtenida del VT de *S. leucopus* entre los individuos de esta especie.

11. Material y método

Localización

Laboratorio de Anatomía veterinaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Manizales-Caldas.

Animales

Teniendo en cuenta que *S. leucopus* es una especie catalogada como vulnerable, se utilizaron 4 especímenes adultos, entre ellos 2 hembras y 2 machos, que por diferentes causas murieron o tuvieron que ser sacrificados en el centro de atención y valoración de fauna silvestre de CORPOCALDAS entre el año 2012 y primer semestre de 2013, cuyos cadáveres fueron cedidos para el estudio de músculos apendiculares al laboratorio de Anatomía veterinaria de Universidad de Caldas. Los especímenes fueron fijados a través de inyecciones intramusculares, intracavitarias y subcutáneas, con una solución de formaldehído al 10%, aceite mineral al 5%, y ácido fénico al 1%, y mantenidos en inmersión en la misma solución hasta el momento en que se llevó a cabo esta investigación. Es de aclarar que por protocolo de cuarentena y criterio clínico de los centros de atención y valoración de fauna silvestre de CORPOCALDAS, los animales que presentaron sintomatología compatible con enfermedad infectocontagiosa, con riesgo de transmisión zoonótica, no fueron fijados ni transportados al laboratorio de morfología veterinaria, siendo excluidos de este estudio.

Diseción de Cadáveres y Documentación

Para la disección de los cadáveres se tuvieron en cuenta todas las medidas de bioseguridad, como el uso de guantes de nitrilo desechables, bata de laboratorio de manga larga, y máscara *full face*

con filtros de carbón activado. Al final de cada día de disección se realizó desinfección del instrumental y la mesa con glutaraldehído al 2%.

Se realizó disección de los cadáveres desde el plano superficial al profundo en las regiones lumbar y sacra, posicionando al paciente en decúbito ventral en cada caso. Se incidió y retiró la piel en la línea mediana dorsal, despejándola de fascia, tejido adiposo y se disecaron los músculos multífido lumbar, largo lumbar y sacrocaudal dorsal medial, a cada lado de esta área paravertebral, para alcanzar la columna (L4 – L5) y proceder, mediante laminectomía, a extraer la médula espinal y el cono medular. Posteriormente, el extremo caudal de la médula espinal y cono medular fueron seccionados en un plano sagital, y analizado a través de un estereomicroscopio Carl Zeiss (Stemi 2000-C; Carl Zeiss Jena GmbH, Zeiss Group, Jena, Germany) asociado a una cámara de microfotografía Carl Zeiss (AxioCam ERc 5s; Carl Zeiss Jena GmbH). Finalmente, las muestras obtenidas (médula espinal – cono medular a nivel de L4 y L5, seccionadas sagitalmente), fueron fijadas con formol al 10% durante 12 horas; se realizaron los procedimientos de deshidratación, aclaramiento e inclusión, para luego ser teñidas con hematoxilina y eosina, y analizadas y medidas a través de microscopio óptico Leica DM500 asociado a una cámara ICC50 HD. Las medidas fueron tomadas con el programa *Leica application suite* versión 3.4.

Los hallazgos anatómicos fueron descritos según la terminología de la *Nómina Anatómica Veterinaria* del 2017 (ICVGAN, 2017), la *Terminología Anatómica Internacional* (FICAT, 1998), y la terminología adoptada para primates no humanos por diferentes autores en otros trabajos realizados.

12. Resultados

La médula espinal del *S. leucopus* se proyectó caudalmente entre las vértebras L4 y L5 (Figura 1 y 2), mientras que el cono medular (Figura 3), alcanzó el nivel de L5, donde se encontró el quinto ventrículo (Figura 5). La porción media fue la más ancha con un promedio de $241.38 (\pm 27.6) \mu\text{m}$, seguida de la porción craneal con un ancho promedio de $112.54 \mu\text{m}$ y finalmente la porción caudal de $101.51 \mu\text{m}$ (Tabla 1). Se puede apreciar que, en los datos obtenidos, la medición de los diámetros indicó siempre un resultado mayor para los especímenes machos. El canal central de la médula presentó una forma cilíndrica, con su porción final dilatada y su extremo terminal mucho más estrecho. Tanto el canal central de la médula espinal, como el VT presentaron un recubrimiento epitelial simple, compuesto de células cuboideas, las células endimarias ciliadas (Figuras 4 y 5). La posición de apertura del ventrículo terminal no se pudo confirmar en este estudio.

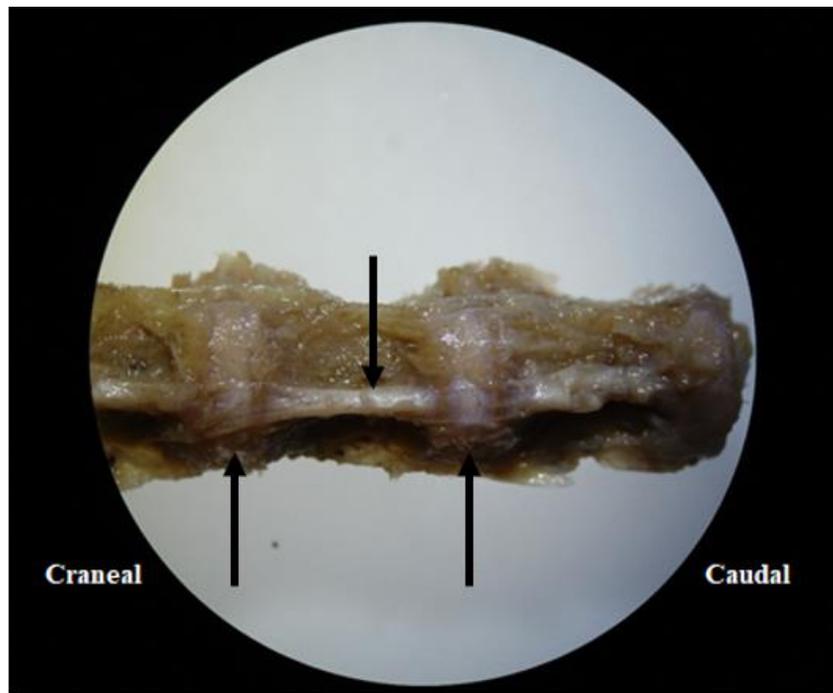


Figura 1. Columna vertebral de *S. leucopus* a nivel de L4 y L5. Imagen estereoscópica, vista ventral (aumento de 6.5x). La flecha superior indica la posición del ligamento longitudinal ventral y las inferiores los discos intervertebrales correspondientes a L4. Laboratorio Anatomía veterinaria, Universidad de Caldas.

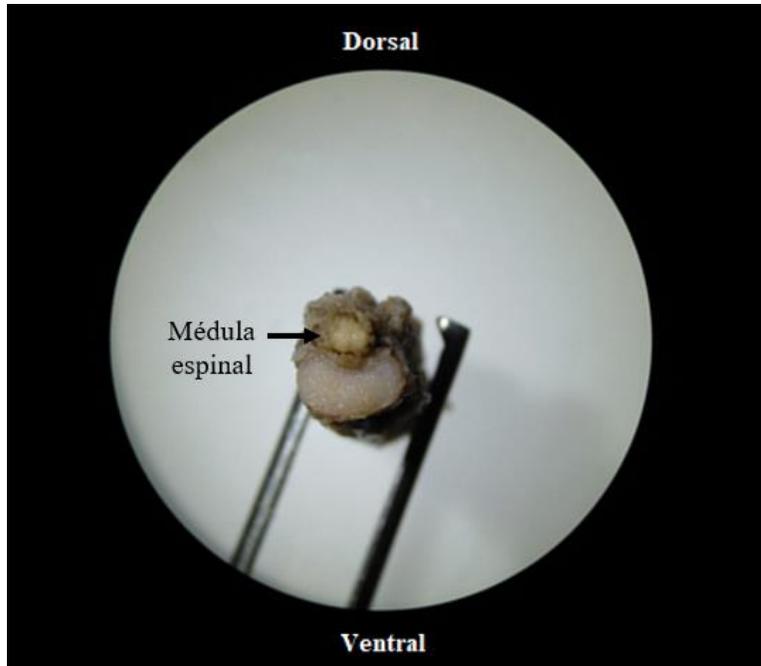


Figura 2. L4 de *S. leucopus*, vista craneal. Imagen estereoscópica (aumento de 6.5x). Se señala la médula espinal contenida en el canal vertebral. Laboratorio Anatomía veterinaria, Universidad de Caldas.



Figura 3. Cono medular de *S. leucopus*, obtenido entre L4 y L5. Imagen estereoscópica, vista ventral (aumento de 6.5x). La flecha señala el surco ventral de la médula espinal. Laboratorio Anatomía Veterinaria Universidad de Caldas.

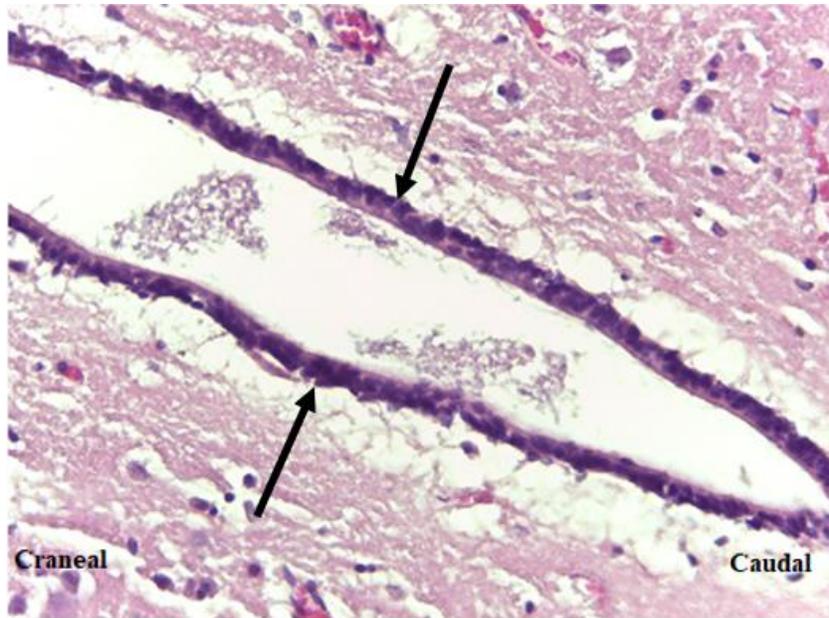


Figura 4. Canal central de la médula espinal de *S. leucopus* a nivel de L5. Corte histológico (aumento de 100x). Las flechas señalan el recubrimiento continuo de células ependimarias. Laboratorio Patología Veterinaria Universidad de Caldas.

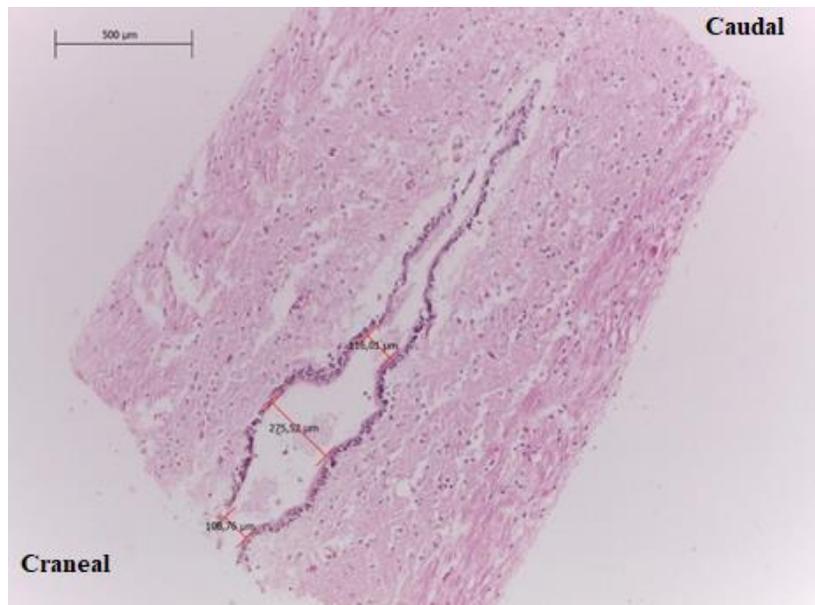


Figura 5. Quinto ventrículo y canal central del *S. leucopus* a nivel de L5. Corte histológico (aumento de 40x). Se indican las medidas craneal, central y caudal del VT. Laboratorio Patología Veterinaria Universidad de Caldas.

Tabla 1. Mediciones histológicas del VT de *S. leucopus* (μm).

Espécimen	Ancho craneal	Ancho central	Ancho caudal
Macho 1	116.01	275.52	108.76
Macho 2	112.56	252.13	103.42
Hembra 1	110.40	221.02	101.12
Hembra 2	111.20	216.83	92.73
Promedio y desviación estándar general	112.54 (± 2.4)	241.38 (± 27.6)	101.51 (± 6.6)
Promedio y desviación estándar Macho	114.3 (± 2.4)	263.8 (± 16.5)	106.1 (± 3.8)
Promedio y desviación estándar Hembra	110.8 (± 0.6)	218.9 (± 2.9)	96.9 (± 5.9)

13. Discusión

El VT de diversas especies animales es una dilatación del canal central de la médula espinal a nivel del cono medular (Vigh *et al.*, 1983; Marín-García *et al.*, 1995; Coleman *et al.*, 1995; Sakata *et al.*, 1993; Uehara & Ueshima, 1985; Storer, 1998), similar a lo encontrado en *S. leucopus* en el presente estudio, lo que constituye a este elemento del sistema nervioso central como una constante filogenética. Aunque se ha postulado que la existencia de esta estructura podría ser una secuela de inflamación, patología vascular o compresión e isquemia medular (Nassar, 1968), esto supondría igual consideración para especies diferentes al ser humano, y objetaría diversos estudios acerca de su conservación como constante del SV en otras especies estudiadas.

En *H. sapiens sapiens*, este ventrículo también se encuentra a nivel del cono medular (Coleman *et al.*, 1995; Rossi *et al.*, 2004; Lotfinia & Mahdkhah, 2018). En infantes, la longitud del VT se ha cuantificado en promedio en 22 mm y un diámetro transversal de 4,2 mm (Coleman *et al.*, 1995); en otros casos oscilan entre 8 a 10 mm de longitud con diámetros transversales de 4 mm, siendo estos valores considerados dilataciones congénitas (Sigal *et al.*, 1991). En adultos, el VT se abre a nivel del espacio subaracnoideo, caudal de la raíz del quinto nervio sacro (S5); el tamaño de esta apertura es de 150 μ m (0,15 mm) de largo por 130 μ m (0,13 mm) de ancho, presentando un recubrimiento de células ependimarias que están en contacto directo con la piamadre entre 12.8 +/- 5.3 mm (Sakata *et al.*, 1993).

Estos valores son diferentes, mayores a los encontrados en *S. leucopus*, coincidiendo con la diferencia de tamaño entre ambas especies, donde los humanos pueden alcanzar una altura promedio de 1,74 m (Bogin & Varela-Silva, 2010), y se consideran grandes si son comparados con el *S. leucopus* cuya longitud promedio del cuerpo puede llegar a ser de 23,74 a 24,88 cm, sin incluir la longitud de su cola (Castañeda *et al.*, 2010).

En comparación con la información existente en el humano, en el cual el VT alcanza su tamaño máximo a los 2.5 años de edad, para luego sufrir una involución que hace que se convierta en un hallazgo extremadamente raro en el adulto (Brisman *et al.*, 2006; Bellocchi *et al.*, 2013), el VT de *Saguinus leucopus* persiste en el animal adulto, incluso superando las medidas reportadas en el ser humano, a pesar de la diferencia significativa en el tamaño corporal entre las dos especies.

En el *Canis lupus familiaris*, este ventrículo también se encuentra a nivel del cono medular (Fletcher, 2013). En *Macaca mulatta* se encuentra la apertura a 45 mm del nervio S5 y tiene 100 μm (0,1 mm) de largo por 65 μm (0,65 mm) de ancho (Sakata *et al.*, 1993).

La conservación del VT durante toda la vida en individuos de especies animales diferentes al *H. sapiens sapiens*, puede tener relación con el tipo de locomoción bípeda que presenta este último. La cuadripedestación es una característica común para la mayoría de los animales que conservan el VT en su SV en etapas adultas, la posición en la que se desplazan puede ser un factor que influye en la conservación del mismo, o en la mecánica de transporte del LCE, que también podría tener relación con esta característica. Sin embargo, una excepción a este hecho, ha sido presentada en el pasado, ya que ha sido estudiada y demostrada la conservación del VT en *Gallus gallus* (Uehara & Ueshima, 1985), cuyo tipo de locomoción es bípeda, si bien no se trata de una posición totalmente erguida y la disposición de su columna no es similar a la del humano.

El VT es una estructura anatómica de la cual poco se ha descrito en la mayoría de especies animales, sobre todo las silvestres; sus características particulares podrían brindar información útil en el campo de la medicina veterinaria y de la anatomía comparada para relacionar aspectos evolutivos (Marín-García *et al.*, 1995). Las células ependimarias que rodean las paredes de los ventrículos cerebrales, así como las del canal central de la médula y la cavidad formada por el VT,

conservan un alto potencial de diferenciación, y se cree que son responsables de la neurogénesis ocurrida después del nacimiento (Song *et al.*, 2005).

La capacidad de un tejido para regenerarse reside en su facultad para reemplazar las células afectadas debido a algún tipo de deterioro o traumatismo. Las lesiones ocurridas en el sistema nervioso, sin embargo, pueden ocasionar daños permanentes, ya que algunas, o la mayoría de las células afectadas no son reemplazadas. En algunas especies, se ha identificado que los traumatismos que afectan al cerebro y a la médula espinal pueden activar cierto tipo de células vástago neurales, en el caso de la médula espinal las potenciales células vástago están representadas por la población de células endimarias que recubren al canal central y al VT (Namiki & Tator, 1999). La proliferación de este tipo de células está asociada a la elongación posnatal de la médula espinal de animales en crecimiento (Alfaro-Cervello *et al.*, 2012), encontrándose normalmente en un estado de “quiescencia” en animales adultos, activándose cuando se presenta alguna injuria sobre el tejido nervioso, para generar células astrocitarias que ayudan a preservar la integridad del mismo. Otro tipo de células, los oligodendrocitos, no son reemplazados suficientemente (Llorens-Bobadilla *et al.*, 2020).

Estudios realizados acerca de trasplantes de células vástago en ratones han demostrado que este tipo de células podrían ser importantes en los procesos de cicatrización y regeneración del tejido posteriores al trauma medular, ya que pueden dar origen a nuevos oligodendrocitos, los cuales son capaces de remielinizar axones desmielinizados, elemento importante dentro del proceso de regeneración del tejido nervioso (Assinck *et al.*, 2017). Las células endimarias comparten su origen de desarrollo con los oligodendrocitos medulares, esto puede representar que habría potencial latente para la generación de oligodendrocitos a partir de dichas células endimarias (Llorens-Bobadilla *et al.*, 2020).

El VT participa en el transporte del LCE a través de la médula espinal, este es producido principalmente por células endimarias especializadas, conocidas como plexo coroideo, y posee diversas funciones importantes para el sistema nervioso central, tales como protección mecánica, homeostasis de los fluidos intersticiales, transporte de nutrientes, eliminación de sustancias de desecho y medio de difusión de sustancias neuroendocrinas y neurotransmisoras (Dyce *et al.*, 2012; Bueno *et al.*, 2020; Evans *et al.*, 2020). La producción del LCE es continua, fluyendo de forma unidireccional hacia los ventrículos del encéfalo, posteriormente pasa hacia el espacio subaracnoideo a través de los forámenes laterales y mediano del cuarto ventrículo (Yamada & Kelly, 2016), y a través del canal central de la médula espinal, donde puede encontrarse con pasajes estrechos e incluso cerrados en algunos tramos hasta el nivel del cono medular, donde dicho canal termina convirtiéndose en el quinto ventrículo (Duque-Parra *et al.*, 2017).

Según Marín – García *et al.*, (1995), el revestimiento endimario del canal central de la médula y del VT, posee áreas perforadas, que representan un espacio en el epitelio columnar por el cual se comunicaría la luz del canal con el espacio subaracnoideo. En conejos y pollos, se ha reportado que el extremo caudal del canal central se abre directamente en el espacio subaracnoideo, permitiendo un flujo dinámico del LCE entre estos dos espacios (Uehara & Ueshima, 1985). Esto podría indicar que, una de las vías de drenaje del LCE, es a través de la delgada pared que representa el epitelio endimario del VT. En animales, la apertura central del cuarto ventrículo, conocida como el foramen mediano, que, junto a las aperturas laterales, representan las vías de comunicación y drenaje del LCE desde el lumen del cuarto ventrículo hacia el espacio subaracnoideo, se encuentra ausente (Marín-García *et al.*, 1995). En humanos, el flujo del LCE hacia el espacio perimedular, puede ocasionar que se genere un aumento de presión sobre la médula espinal, además, el fluido no alcanza ni llena el canal central, siendo estas las posibles

causas por las cuales se produce la obliteración del mismo (Aboulker, J.,1979). De este modo, en especies en la cuales no existe esta apertura mediana en el cuarto ventrículo del encéfalo, debe haber otras vías compensatorias para el drenaje del LCE, y podría explicar la persistencia de manera fisiológica del canal central de la médula espinal y del VT durante toda su vida, ya que la circulación de LCE logra alcanzar y llenar dichos espacios, ejerciendo presión sobre sus paredes, lo cual impediría su cierre durante la etapa adulta.

14. Conclusiones

El VT se encuentra presente en el *S. leucopus*, a nivel del cono medular, entre L4 y L5, tal como ha sido descrito en diversas especies animales, no humanas, durante cualquier etapa de su vida; por lo cual se infiere que este elemento constituye una constante filogenética del sistema nervioso central de esta especie.

El VT de *S. leucopus* presentó un diámetro central en promedio de 241.38 (± 27.6) μm , un diámetro craneal de 112.54 (± 2.4) μm , y un diámetro caudal de 101.51 (± 6.6) μm . Debido al tamaño de la muestra, los hallazgos obtenidos no pueden ser tomados como un parámetro para comparar a toda una especie; sin embargo, para este estudio en particular, esta estructura anatómica presentó mayores dimensiones en los especímenes machos que las presentadas en las hembras, en las mediciones craneales, caudales, y especialmente en el diámetro central, donde se alcanzaron las diferencias más notorias. El diámetro central alcanzó en cada espécimen, tanto en machos como hembras, a duplicar la medida del diámetro craneal como la del caudal.

Comparado con información obtenida de diferentes estudios, el tamaño del VT de *S. leucopus*, es menor con respecto al VT de humanos a edades inferiores a los 2,5 años; y superior a lo reportado en humanos adultos. También se estableció que, a diferencia de estos últimos, la dilatación del canal central de la médula espinal fue un hallazgo común para los individuos de esta especie de primate analizada en este estudio.

La conservación del VT, es una característica morfológica que *S. leucopus* comparte con diferentes animales como Macacos, caninos, gallinas, ratones, conejos, entre otras; sin constituir este rasgo, un hallazgo patológico en la etapa de vida adulta de estas especies.

El revestimiento epitelial del canal central de la médula y del VT de *S. leucopus* es similar al encontrado en diversas especies animales, incluyendo el del humano. La caracterización y estudios

específicos de este tipo de células, pueden ofrecer nuevas perspectivas en el tratamiento de las lesiones ocasionadas sobre el sistema nervioso central, particularmente sobre las que ocurren en la médula espinal, dado el potencial de dicha población como células vástago, capaces de dar origen a otras células esenciales en los procesos de cicatrización y reparación del tejido nervioso.

Las características observadas a nivel del cono medular en este trabajo pueden ser prueba que la conservación del VT, y su revestimiento ependimario, constituyen una ruta poco estudiada, pero importante, en la circulación de LCE en el sistema nervioso central de animales como *S. leucopus*.

15. Recomendaciones

Se requieren estudios anatómicos específicos que confirmen la ausencia de la apertura mediana del cuarto ventrículo en *S. leucopus*, y estudios histológicos más detallados del recubrimiento ependimario a nivel del cono medular, para establecer claramente las rutas de circulación del LCE en esta especie, así como la realización de estudios similares en diferentes especies para identificar y llevar a cabo un análisis comparativo de las características asociadas a estos componentes del sistema nervioso central.

Aumentar el número de individuos de la muestra, para contar con valores estadísticos significativos al momento de realizar comparaciones entre individuos de la misma especie.

Son necesarios estudios anatómicos comparativos del VT en animales que presenten locomoción de tipo bípeda, durante sus diferentes etapas de desarrollo, con el fin de establecer su presencia en edad adulta, y de confirmar o descartar una relación directa entre el tipo de locomoción y la persistencia o desaparición del VT.

16. Referencias Bibliográficas

1. Aboulker, J. (1979). La syringomyelie et les liquides intrarachidiens. *Neurochirurgia* (Stuttg.) 25(Suppl. 1):26- 29.
2. Alba-Mejía, L., Caillaud, D., Montenegro, O. L., Sánchez-Palomino, P., & Crofoot, M. C. (2013). Spatiotemporal interactions among three neighboring groups of free-ranging white-footed tamarins (*Saguinus leucopus*) in Colombia. *International Journal of Primatology*, 34(6), 1281-1297.
3. Alfaro-Cervello, C., Soriano-Navarro, M., Mirzadeh, Z., Alvarez-Buylla, A., & García-Verdugo, J. M. (2012). Biciliated ependymal cell proliferation contributes to spinal cord growth. *Journal of Comparative Neurology*, 520(15), 3528-3552.
4. Alfaro-Cervello, C., Cebrian-Silla, A., Soriano-Navarro, M., García-Tarraga, P., Matías-Guiu, J., Gómez-Pinedo, U., Molina-Aguilar, P., Alvarez-Buylla, A., Luquin, M. R., & García-Verdugo, J. M. (2014). The adult macaque spinal cord central canal zone contains proliferative cells and closely resembles the human. *Journal of Comparative Neurology*, 522(8), 1800-1817.
5. Assinck, P., Duncan, G. J., Plemel, J. R., Lee, M. J., Stratton, J. A., Manesh, S. B., Liu, J., Rammer, L. M., Khang, S. H., Bergles, D. E., Biernaskie, J., & Tetzlaff, W. (2017). Myelinogenic plasticity of oligodendrocyte precursor cells following spinal cord contusion injury. *Journal of Neuroscience*, 37(36), 8635-8654.
6. Aversi-Ferreira, T. A. (2009). A new statistical method for comparative anatomy. *International Journal of Morphology*. 27(4): 1051-1058.

7. Aversi-Ferreira, T. A., Lima-e-Silva, M. S., & Pereira-de-Paula, J. (2005). Anatomia comparativa dos nervos do braço de *Cebus apella*. Descrição do músculo dorsoepitrocLEAR. *Acta Scientiarum – Biological Sciences*. 27: 291-296.
8. Aversi-Ferreira, R. A., Nishijo, H., & Aversi-Ferreira, T. A. (2018). Importance of Anatomical Studies on Wild Animals in Veterinary Sciences. *Modern society*, 23, 25.
9. Bairrão-Ruivo, E., & Wormell, D. (2012). The international conservation programme for the White-footed tamarin *Saguinus leucopus* in Colombia. *International Zoo Yearbook*, 46(1), 46-55.
10. Bellocchi, S., Vidale, S., Casiraghi, P., Arnaboldi, M., & Taborelli, A. (2013). Multilobed cystic dilation of the ventriculus terminalis (CDVT). *Case Reports*, 2013, bcr2013008654.
11. Bogin, B., & Varela-Silva, M. I. (2010). Leg Length, Body Proportion, and Health: A Review with a Note on Beauty. *International Journal of Environmental Research and Public Health*; 7(3): 1047–75
12. Bradbury, M. W., & Lathem, W. (1965). A flow of cerebrospinal fluid along the central canal of the spinal cord of the rabbit and communications between this canal and the sacral subarachnoid space. *The Journal of physiology*, 181(4), 785.
13. Brisman, J. L., Li, M., Hamilton, D., Mayberg, M. R., & Newell, D. W. (2006). Cystic dilation of the conus ventriculus terminalis presenting as an acute cauda equina syndrome relieved by decompression and cyst drainage: case report. *Neurosurgery*, 58(3), E585-E585.
14. Bueno, D., Parvas, M., Nabiuni, M., & Miyan, J. (2020, June). Embryonic cerebrospinal fluid formation and regulation. In *Seminars in cell & developmental biology* (Vol. 102, pp. 3-12). Academic Press.

15. Castañeda, F. E., Buriticá, E. F., & Barbosa, I. X., (2010). Tití gris (*Saguinus leucopus* Günther 1876): algunos aspectos biológicos y de interés veterinario sobre la especie. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. 3(1): 82-89.
16. Castañeda F. E., Buriticá, D. F., & Echeverry, D. F. (2013). Parámetros de la bioquímica sanguínea del tití gris (*Saguinus leucopus* -Günther 1876) en cautiverio en Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 6(1): 50-57.
17. Castaño-Salazar, J. H, Muñoz-Saba, Y., Botero, J. E., & Vélez, J. H. (2003). Mamíferos del departamento de Caldas – Colombia. *Biota colombiana* 4 (2) 247 – 259.
18. Chern, J. J., Tubbs, R. S., Patel, A. J., Gordon, A. S., Bandt, S. K., Smyth, M. D., Jea, A., & Oakes, W. J. (2011). Preventing cerebrospinal fluid leak following transection of a tight filum terminale. *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*, 8(1), 35-38.
19. Coleman, L. T, Zimmerman, R. A., & Rorke, L. B. (1995). Ventriculus terminalis of the conus medullaris: MR findings in children. *American journal of neuroradiology*, 16(7), 1421-1426.
20. Cribillero, N., Sato, A., & Navarrete, M. (2009). Anatomía macroscópica de la musculatura del miembro anterior del mono machín blanco (*Cebus albifrons*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 20(2):143-153.
21. Cuartas, C. A. (2001). Distribución parcial del tití gris (*Saguinus leucopus*, - *Callithrichidae*) en el Departamento de Antioquia, Colombia. *Neotropical Primates*. 9:109–113
22. Defler, T. R. (2003). Primates de Colombia, Serie de Guías Tropicales de campo (vol. 4). *Conservación Internacional Colombia, Bogotá DC*.

23. Defler, T. R. (2010). *Historia Natural de los Primates Colombianos*. 2a. Ed. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. pp. 166-170.
24. Defler, T. R.; Stevenson P. R.; Bueno M. L.; & Guzmán D.C. (2013). Primates Colombianos en peligro de extinción. *Asociación Primatológica Colombiana, Bogotá DC*.
25. Del Bigio, M. R. (2010). Ependymal cells: biology and pathology. *Acta neuropathologica*, 119(1), 55-73.
26. Domingo, R. A., Bohnen, A. M., Middlebrooks, E. H., Quinones-Hinojosa, A., & Abode-Iyamah, K. (2020). T10-L3 Cystic Lesion of the Ventriculus Terminalis Presenting as Conus Medullaris Syndrome. *World neurosurgery*, 136, 146-149.
27. Duque-Parra, J. E., & Vélez, J. F. (2014). Descripción anatómica y funcional del húmero del tití gris (*Saguinus leucopus*). *International Journal of Morphology*. 32(1):147-150.
28. Duque-Parra, J. E., Vélez, J. F., & Barco, J. (2014). Anatomical and Functional Description of Radius of White Footed Tamarin (*Saguinus leucopus*). *International Journal of Morphology*. 32(3):939-942.
29. Duque-Parra, J. E., Barco-Ríos, J., & García-Aguirre, J. F. (2017). A historical approach to the ventricular system of the brain. *Revista de la Facultad de Medicina*, 65(3), 473-477.
30. Duque-Parra, J. E., & Vásquez, B. (2020). Líquidos Cerebroespinal, Cefalorraquídeo o Encéfaloespinal. Una Perspectiva Holística para Terminología Anatómica. *International Journal of Morphology*, 38(5), 1421-1425.
31. Dyce, K. M., Sack, W. O., & Wensing, C. J. G.. (2012). Anatomía veterinaria. 4a ed. México: Editorial el manual moderno. 887 p.

32. Evans, P. G., Sokolska, M., Alves, A., Harrison, I. F., Ohene, Y., Nahavandi, P., Ismail, O., Miranda, E., Lythgoe, M. F., Thomas, D. L., & Wells, J. A. (2020). Non-Invasive MRI of Blood–Cerebrospinal Fluid Barrier Function. *Nature communications*, 11(1), 1-11.
33. Federative International Committee on Anatomical Terminology (FICAT). (1998). *Terminologia Anatomica: International Anatomical Terminology*. New York: Thieme Medical Publishers.
34. Fletcher, T. F. (2013). Spinal cord and meninges. In: Evans H, de Lahunta A, editors. *Miller's anatomy of the dog*. 4th ed. St. Louis: Elsevier. p.589-610
35. Fletcher-Sandersjö, A., Edström, E., Bartek, J., & Elmi-Terander, A. (2019). Surgical treatment for symptomatic ventriculus terminalis: case series and a literature review. *Acta Neurochirurgica*, 161(9), 1901-1908.
36. Fox, M., Brieva, C., Moreno, C., Mac Williams, P., & Thomas, C. (2008). Hematologic and serum biochemistry reference values in wild-caught white-footed tamarins (*Saguinus leucopus*) housed in captivity. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 39, 548-557.
37. Fitzgerald, P. (1967). The fifth ventricle. *Irish Journal of Medical Science* (1926-1967), 42(3), 133-136.
38. Fuentes, J. A., Zerda-Ordóñez, E., & Muñoz-Durán, J. (2013). Vocal communication of White-footed tamarin (*Saguinus leucopus*) in the wild. *Caldasia*. 35(1): 49-63.
39. Hernández-Camacho J., & Cooper R.W. (1976). The nonhuman primates of Colombia. In: Thorington RW Jr, Heltne PG (eds) Neotropical primates: field studies and conservation. *National Academy of Sciences*, Washington, DC, pp 35–69.

40. International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature (ICVGAN). (2012). *Nomina anatomica Veterinaria*. 5a ed. (revised version). Hannover: ICVGAN. 177p.
41. Kawanishi, M., Tanaka, H., Yokoyama, K., & Yamada, M. (2016). Cystic dilation of the ventriculus terminalis. *Journal of neurosciences in rural practice*, 7(4), 581.
42. Kriss, V. M., Kriss, T. C., & Coleman, R. C. (2000). Sonographic appearance of the ventriculus terminalis cyst in the neonatal spinal cord. *Journal of ultrasound in medicine*, 19(3), 207-209.
43. Khan, Y. S., & Lui, F. Neuroanatomy, Spinal Cord. (2020). In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020 Jan-. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559056/>
44. Larsson, M., Birgel, E., Benesi, F., Birgel, J. R., Lazaretti, P., Fedullo, J., Larsson, C., Molina, S., Guerra, P., & Prada, C. (1999). Hematological values of Cebus apella anesthetized with ketamine. *Brazil Journal of Veterinary Research Animal Science*. 36:3–21.
45. Lee, J. Y., Kim, K. H., & Wang, K. C. (2020). Terminal Myelocystocele: Pathoembryogenesis and Clinical Features. *Journal of Korean Neurosurgical Society*, 63(3), 321.
46. Liccardo, G., Ruggeri, F., De Cerchio, L., Floris, R., & Lunardi, P. (2005). Fifth ventricle: an unusual cystic lesion of the conus medullaris. *Spinal cord*, 43(6), 381-384.
47. Link, A., Guzmán-Caro, D.C., Roncancio, N., Mittermeier, R. A. & Rodríguez, V. (2021). *Saguinus leucopus* (amended version of 2020 assessment). *The IUCN Red List*

of Threatened Species 2021: e.T19819A192550769. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T19819A192550769.en>. Acceso: 24 Junio 2021.

48. Llorens-Bobadilla, E., Chell, J. M., Le Merre, P., Wu, Y., Zamboni, M., Bergenstråhl, J., & Frisé, J. (2020). A latent lineage potential in resident neural stem cells enables spinal cord repair. *Science*, 370(6512).
49. Lotfinia, I., & Mahdkhah, A. (2018). The cystic dilation of ventriculus terminalis with neurological symptoms: three case reports and a literature review. *The journal of spinal cord medicine*, 41(6), 741-747.
50. Marín-García, P., González-Soriano, J., Martínez-Sainz, P., Contreras-Rodríguez, J., Corral-Gros, C. D., & Rodríguez-Eiga, E. (1995). Spinal cord central canal of the German shepherd dog: morphological, histological, and ultrastructural considerations. *Journal of morphology*, 224(2), 205-212.
51. Meletis, K., Barnabé-Heider, F., Carlén, M., Evergren, E., Tomilin, N., Shupliakov, O., & Frisé, J. (2008). Spinal cord injury reveals multilineage differentiation of ependymal cells. *PLoS biology*, 6(7), e182.
52. Moore, K. L., Persaud, T. V. N., & Torchia, M. G. (2018). *The developing human-e-book: clinically oriented embryology*. Elsevier Health Sciences.
53. Lun, M. P., Monuki, E. S., & Lehtinen, M. K. (2015). Development and functions of the choroid plexus–cerebrospinal fluid system. *Nat. Rev. Neurosci.*, 16(8):445-57.
54. Monroy-Cendales, M. J., Vélez-García, J. F., & Castañeda-Herrera, F. E. (2020). Gross anatomy of the shoulder and arm intrinsic muscles in the white-footed tamarin (*Saguinus leucopus*–Günther, 1876): Inter-and intraspecific anatomical variations. *Journal of Medical Primatology*, 49(3), 123-135.

55. Moore, K. L., Dalley A. F., & Agur A. M. R. (2010). Anatomía con orientación clínica. 6ed. Editorial medica Panamericana.
56. Mortazavi, M. M., Adeb, N., Griessenauer, C. J., Sheikh, H., Shahidi, S., Tubbs, R. I., & Tubbs, R. S. (2014). The ventricular system of the brain: a comprehensive review of its history, anatomy, histology, embryology, and surgical considerations. *Child's Nervous System*, 30(1), 19-35.
57. Namiki, J., & Tator, C. H. (1999). Cell proliferation and nestin expression in the ependyma of the adult rat spinal cord after injury. *Journal of neuropathology and experimental neurology*, 58(5), 489-498.
58. Nassar, S. I, Correll, J. W., & Housepian, E. M.. (1968). Intramedullary cystic lesions of the conus medullaris. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*; 31:106-9.
59. Nuñez, H., Araya, M., Cisternas, F., Arreondo, M., Mendez, M., Pizarro, F., Ortiz, A., & Ortiz, R., (2008). Blood biochemical indicators in young and adult *Cebus apella* of both sexes. *Journal of Medical Primatology* 37, 12-17.
60. Perelman, P., Johnson, W. E., Roos, C., Seuánez, H. N., Horvath, J. E., Moreira, M. A. M., Kessing, B., Pontius, J., Roelke, M., Rumpler, Y., Schneider, M. P. C., Silva, A., O'Brien, S. J., & Pecon-Slatery, J. (2011). A molecular phylogeny of living primates. *PloS Genet.* 7(3): 1001342.
61. Poches, R. A., Brieva, C. I., & Jiménez, C. (2013). Características seminales del tití gris (*Saguinus leucopus*) bajo condiciones de cautiverio obtenidas por estimulación vibratoria del pene (EVP). *Revista Medicina Veterinaria y Zootecnia.* 60. (1): 11-22.

62. Posada, S., Maturana, D. M., & López, J. B. (2012). Cariotipo del tití Gris (*Saguinus leucopus*) Mediante Bandas R-Replicativas. *Revista Facultad Nacional de Agronomía de Medellín*. 65(2): 6729-6737.
63. Poveda, K., & Sánchez, P. (2004). Habitat use by the white-footed tamarin, *Saguinus leucopus*: A comparison between a forest-dwelling group and an urban group in Mariquita, Colombia. *Neotropical Primates*; 12(1):6-9
64. Poveda K. (2000). Uso de hábitat de dos grupos de tití de pies blancos, *Saguinus leucopus*, en Mariquita, Colombia. Tesis de pregrado. Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional. Bogotá-Colombia - Suramérica.
65. Riviello, M., & Wirz, A. (2001). Haematology and blood chemistry of *Cebus apella* in relation to sex and age. *Journal of Medical Primatology* 30, 308–12.
66. Roncancio, N., Castañeda, A. A., Loaiza, L. M. G., & Franco, C. A. R. (2013). Distribución potencial y disponibilidad de hábitat actual del tití gris (*Saguinus leucopus*): un primate endémico de Colombia y en peligro de extinción. *PRIMATES COLOMBIANOS*, 213.
67. Roqueline, A., Hisao, N., & Tales A. (2018). Importance of Anatomical Studies on Wild Animals in Veterinary Sciences. *modern society*, 23, 25. APDV.000558.
68. Rossi, A., Cama, A., Piatelli, G., Ravegnani, M., Biancheri, R., & Tortori-Donati, P. (2004). Spinal dysraphism: MR imaging rationale. *Journal of neuroradiology*, 31(1), 3-24.
69. Ruivo, E. B., Carroll, J. B., & Morales-Jiménez, A. L. (2005). The silvery-brown tamarin (*Saguinus leucopus*) conservation project. *Neotropical Primates*, 13(3), 36-39.
70. Ruiz-García, M., Escobar-Armel, P., Leguizamon, N., Manzur, P., Pinedo-Castro, M., & Shostell, J. M. (2014). Genetic characterization and structure of the endemic Colombian

- silvery brown bare-face tamarin, *Saguinus leucopus* (Callitrichinae, Cebidae, Primates). *Primates*, 55(3), 415-435.
71. Rylands, A. B., Mittermeier, R. A., & Rodriguez-Luna, E. (1997). Conservation of neotropical primates: threatened species and an analysis of primate diversity by country and region. *Folia Primatologica*, 68(3-5), 134-160.
72. Sakata, M., Yashika, K., & Hashimoto, P. H. (1993). Caudal aperture of the central canal at the filum terminale in primates. *Kaibogaku zasshi. Journal of anatomy*, 68(2), 213-219.
73. Saker, E., Henry, B. M., Tomaszewski, K. A., Loukas, M., Iwanaga, J., Oskouian, R. J., & Tubbs, R. S. (2016). The human central canal of the spinal cord: a comprehensive review of its anatomy, embryology, molecular development, variants, and pathology. *Cureus*, 8(12).
74. Severino, R., & Severino, P. (2017). Surgery or not? A case of ventriculus terminalis in an adult patient. *Journal of Spine Surgery*, 3(3), 475.
75. Sigal, R., Denys, A., Halimi, P., Shapeero, L., Doyon, D., & Boudghène, F. (1991). Ventriculus terminalis of the conus medullaris: MR imaging in four patients with congenital dilatation. *American Journal of Neuroradiology*; 12(4):733–7.
76. Song, D. Y., Cho, B. P., Choi, B. Y., Yang, Y. C., Lee, B. H., Lim, C. K., & Kang, H. S. (2005). Upregulated and prolonged differentiation potential of the ependymal cells lining the ventriculus terminalis in human fetuses. *Neuroscience letters*, 386(1), 28-33.
77. Souza, P. R., Cardoso, J. R., Moreira, P. C., Cruz, V. S., & Araujo, E. G. (2013). Gross Anatomy of the Brachial Plexus in the Giant Anteater (*Myrmecophaga tridactyla*). *Anatomia Histologia Embryologia*. 43(5): 341-345.

78. Stevenson, P. R.; Guzman, D. C. & Defler, T. R. (2010). Conservation of Colombian primates: An analysis of published research. *Tropical Conservation Science*, 3(1):45-62,
79. Storer, K. P., Toh, J., Stoodley, M. A., & Jones, N. R. (1998). The central canal of the human spinal cord: a computerised 3-D study. *Journal of anatomy*, 192(4), 565-572.
80. Stratchko, L., Filatova, I., Agarwal, A., & Kanekar, S. (2016). The ventricular system of the brain: anatomy and normal variations. In *Seminars in Ultrasound, CT and MRI* (Vol. 37, No. 2, pp. 72-83). WB Saunders.
81. Tabares, J. H., Fierro, C. H., Pulido, P. D., & Ossa, H. (2008). Cariotipo del tití gris (*Saguinus leucopus*) similitudes con el cariotipo humano. *NOVA*. 6(1):105-236.
82. Tamega, O. J.; Tirapelli, L. F., & Petroni, S. (2000). Scanning electron microscopy study of the choroid plexus in the monkey (*Cebus apella apella*). *Arq. Neuropsiquiatr.*, 58(3-B):820-5.
83. Thouvenin, O., Keiser, L., Cantaut-Belarif, Y., Carbo-Tano, M., Verweij, F., Jurisch-Yaksi, N., Bardet, P., L., van Niel, G., Gallaire, F., & Wyart, C. (2020). Origin and role of the cerebrospinal fluid bidirectional flow in the central canal. *Elife*, 9, e47699.
84. Tuleasca, C., Ducos, Y., Knafo, S., Levivier, M., Aghakhani, N., & Parker, F. (2020). Surgery for cyst dilatation of a ventriculus terminalis in adults: Keep it simple!. *NeuroChirurgie*, S0028-3770.
85. Uehara, M., & Ueshima, T. (1985). Light and electron microscopy of the chicken coccygeal cord. *Nihon Juigaku Zasshi. The Japanese Journal of Veterinary Science*, 47(6), 963-970.
86. Varela, N., Brieva, C., & Galindo, V. (2010). Causas de morbilidad y mortalidad en primates de la Unidad de Rescate y Rehabilitación de Animales Silvestres (URRAS) entre 1996 y 2003. *Primatología en Colombia: Avances al Principio del Milenio*, 171.

87. Vélez-García, J. F., Duque-Parra, J. E., & Barco-Ríos, J. (2016). Anatomic Description of the Ulna of the White-Footed Tamarin (*Saguinus leucopus* Günther, 1876). *International Journal of Morphology*, 34(4).
88. Vigh, B., Vigh-Teichmann, I., Silva, M. M., & Van den Pol, A. N. (1983). Cerebrospinal fluid-contacting neurons of the central canal and terminal ventricle in various vertebrates. *Cell and tissue research*, 231(3), 615-621.
89. Woodley-Cook, J., Konieczny, M., & Spears, J. (2016). The slowly enlarging ventriculus terminalis. *Polish journal of radiology*, 81, 529.
90. Yamada, S., & Kelly, E. (2016). Cerebrospinal fluid dynamics and the pathophysiology of hydrocephalus: new concepts. In *Seminars in Ultrasound, CT and MRI* (Vol. 37, No. 2, pp. 84-91). WB Saunders.