

Estudio macro y microscópico de la glándula pineal de la alpaca adulta (*Vicugna pacos*)

Macro and microscopic study of the pineal gland of the adult alpaca (*Vicugna pacos*)

Mitzi Deana Westreicher Diaz¹, Alexander Humberto Chávez Reátegui^{1,2},
Miluska Beatriz Navarrete Zamora¹

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo describir la anatomía de la glándula pineal de la alpaca adulta. Se emplearon 10 glándulas pineales de cinco alpacas macho y cinco alpacas hembra adultas obtenidas en septiembre de 2019 de alpacas de descarte beneficiadas el Camal Municipal de Huancavelica, Perú. La evaluación macroscópica consistió en la descripción *in situ* y su relación con las estructuras adyacentes, así como la toma de sus medidas (largo, ancho y espesor). Para la evaluación microscópica se utilizaron las tinciones de Hematoxilina-Eosina y Tricrómico de Masson. La glándula pineal se encuentra en el epítalamo, en medio de los hemisferios cerebrales en dirección dorso-caudal, entre la comisura habenuar y posterior. No presenta lóbulos y tiene la forma de pino o de arveja. Las glándulas de los machos son más largas y gruesas en tanto que en las hembras son más anchas. Las glándulas pineales son clasificadas como subcallosa y de tipo A o proximal. Histológicamente, el parénquima carece de diferenciación entre corteza y médula, es altamente vascularizado y celularmente se distinguen principalmente los pinealocitos y las neuroglías, pudiéndose encontrar además pigmentos, células pigmentarias y calcificaciones.

Palabras clave: alpacas, glándula pineal, anatomía, histología

¹ Laboratorio de Anatomía Animal y Fauna Silvestre, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

² E-mail: alexander.chavez@unmsm.edu.pe

Recibido: 14 de septiembre de 2021

Aceptado para publicación: 2 de julio de 2022

Publicado: 31 de agosto de 2022

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

ABSTRACT

The study aimed to describe the anatomy of the pineal gland of the adult alpaca. It was used 10 pineal glands from five male alpacas and five female alpacas obtained in September 2019 from culled alpacas benefited in the Huancavelica abattoir, Peru. The macroscopic evaluation consisted of the *in-situ* description and its relationship with the adjacent structures, as well as taking its measurements (length, width and thickness). Hematoxylin-Eosin and Masson's Trichrome stains were used for microscopic evaluation. The pineal gland is in the epithalamus, in the middle of the cerebral hemispheres in a dorsal-caudal direction, between the habenular and posterior commissure. It does not have lobes and the shape is like pine or pea. The glands of the males are longer and thicker while those of the females are wider. The pineal glands are classified as subcallosal and type A or proximal. Histologically, the parenchyma lacks differentiation between cortex and medulla and it is highly vascularized. Cellularly, pinealocytes and neuroglia are mainly distinguished, and pigments, pigment cells and calcifications can also be found.

Key words: alpaca, pineal gland, anatomy, histology

INTRODUCCIÓN

La alpaca en su hábitat natural en el Altiplano peruano se reproduce entre los meses de diciembre y abril, época considerada como «época de lluvias»; no obstante, la alpaca no es considerada como una especie de reproducción estacional (Pollard *et al.*, 1995), aunque diversos estudios indican que el fotoperiodo es un factor que interviene en aspectos reproductivos como la duración gestacional y el horario de los nacimientos (Vaughan y Tibary, 2006).

La glándula pineal es una glándula neuroendocrina impar ubicada en el epítalamo, directamente conectada con el tercer ventrículo. Se le considera como un órgano circunventricular, cuya función principal es la producción de la indolamina N-acetyl-5-methoxytryptamina, también llamada melatonina. Esta es la principal hormona neuroendocrina partícipe en la regulación del ritmo circadiano y que, además, provee información que regula los sus aspectos fisiológicos de determinadas especies llamadas «especies fotoperiódicas» (Prada, 2014; Tan *et al.*, 2018).

Macroscópicamente, la forma y tamaño de la glándula pineal varía con la especie y la latitud (Celi, 2002; Tan *et al.*, 2018), siendo en su mayoría en forma de arveja a cónica con un tamaño entre 5 a 8 mm de longitud y de 3 a 5 mm de ancho (Macchi y Bruce, 2004; Afroz *et al.*, 2014; Roa y del Sol, 2014). La glándula ha sido caracterizada según su localización con respecto al cuerpo calloso como subcallosa, post callosa y supracallosa (Blin y Maurin, 1956), y por su posición con respecto al tercer ventrículo como tipo A, AB, ABC y subtipos (Vollrath, 1981).

Histológicamente, la glándula se encuentra rodeada de una cápsula de piamadre, de la cual se desprenden tabiques de tejido conectivo hacia el parénquima que se caracteriza por carecer de un patrón estructural, encontrándose de esta manera diversas agrupaciones celulares en forma de cordones, folículos o en roseta (Koshy y Vettivel, 2001; Junqueira y Carneiro, 2003; Güney *et al.*, 2013; Roa y Del Sol, 2014). Esta glándula presenta abundante vascularización y algunas especies presentan un receso pineal y un receso suprapineal (Boya *et al.*, 1995; Lewczuk y Przybylska, 2013, Pal *et al.*,

2013). Los principales componentes celulares de la glándula pineal son los pinealocitos seguidos de las neuroglías, además de poder encontrarse células pigmentadas y calcificaciones pineales.

El presente estudio morfológico tuvo como objetivo aportar una visión macro y microscópica de la glándula pineal de la alpaca (*Vicugna pacos*) adulta para su posterior aplicación en disciplinas afines como fisiología, reproducción y cirugía.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 10 encéfalos de alpacas Huacaya (cinco hembras y cinco machos) de cuatro dientes (3-4 años) y boca llena (>4 años), obtenidas en septiembre de 2019 de alpacas de descarte beneficiadas en el Camal Municipal de Huancavelica, Perú, situado a una altitud de 3660 msnm.

En las instalaciones del camal se extrajeron los encéfalos. Para esto, se realizó la disección de la piel y musculatura de la cabeza hasta la visualización de los huesos fron-

tal, parietal, temporal y occipital, los cráneos fueron abiertos con sierra eléctrica para proceder a la descripción de la ubicación *in-situ*, forma y relación de la glándula con las estructuras adyacentes.

Las glándulas pineales fueron extraídas y fijadas en solución conservadora de formol tamponado al 4% y transportadas al Laboratorio de Anatomía Animal y Fauna Silvestre de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en Lima, Perú. Se midió el tamaño de cada glándula pineal (largo, ancho y espesor) usando la herramienta de medición del software del estereoscopio AmScope 5MP con cámara incorporada 5.1 MLJ500.

Para la evaluación microscópica, se prepararon cortes longitudinales y transversales de las glándulas, que fueron sometidas a técnicas histológicas, realizándose cortes de 5 μm de espesor y teñidos con Hematoxilina-Eosina y Tricómico de Masson. Para la observación y descripción de la estructura histológica y las características de las células que la conforman se utilizó el microscopio Leica DM1000 LED con cámara incorporada ICC50W.

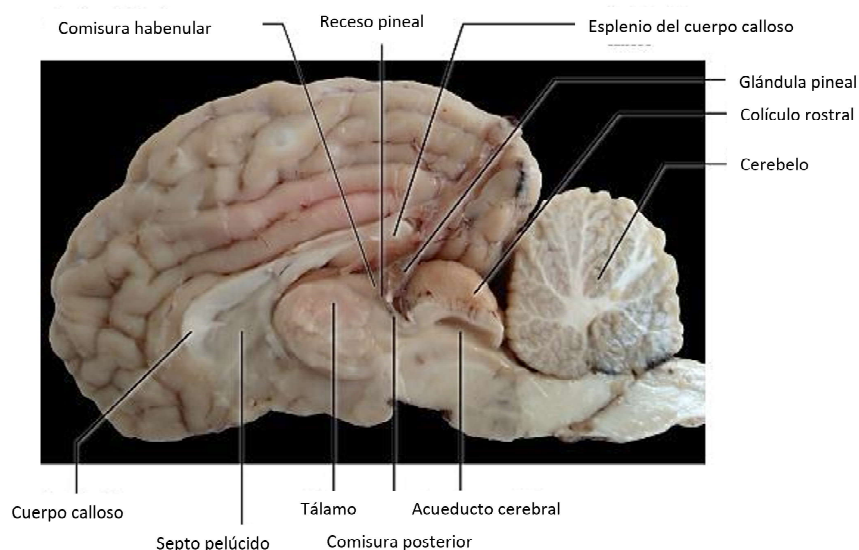


Figura 1. Encéfalo de alpaca en corte mediano (vista medial)

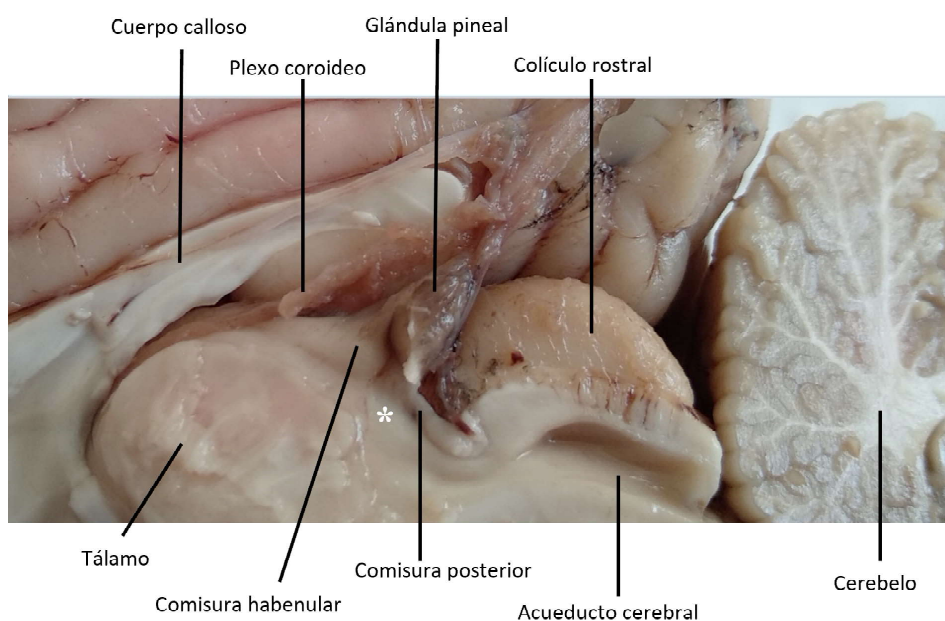


Figura 2. Encéfalo de alpaca en corte mediano (vista medial). Vista ampliada del epitálamo. El asterisco indica el receso pineal

RESULTADOS

Evaluación Macroscópica

La glándula pineal de la alpaca Huacaya adulta es un órgano impar situado en el epitálamo, localizada en medio de los hemisferios cerebrales, cubierta y suspendida por la piamadre, en dirección dorso-caudal entre la comisura habenuar y posterior (figuras 1-3). Presenta una parte distal o ápice y una proximal o base fijada mediante fibras provenientes de la comisura habenuar y que se encuentra en estrecho contacto con el tercer ventrículo, formando así el receso pineal (figuras 2 y 4). La superficie caudal de la glándula se encuentra en contacto con los colículos rostrales, mientras que la superficie craneal presenta en relación con el plexo coroideo formando un receso suprapineal.

La forma predominante de la glándula pineal fue la forma de cono de pino y en menor proporción, una forma de arveja (Figura 5).

La coloración es mostaza claro a oscuro con ocasionales áreas de hiperpigmentaciones marrones.

Las medidas de las 10 glándulas pineales en estudio se presentan en el Cuadro 1. Se observa que la glándula pineal es más larga y gruesa en los machos, pero menos ancha que en las hembras. Según los datos obtenidos, la glándula pineal puede ser clasificada como subcallosa y de tipo A o proximal.

Evaluación Microscópica

La glándula pineal se encuentra rodeada por una cápsula de tejido conectivo la cual proyecta trabéculas con abundantes vasos sanguíneos que ingresan en el parénquima sin formar lobulaciones (Figura 6). Se presenció además una zona revestida por una capa de células endimarias pseudoestratificadas ciliadas correspondiente al receso pineal. Estas células varían a cúbicas ciliadas en la superficie craneal pineal y van perdiendo los cilios a medida que continúan a lo largo de la cápsula (Figura 7).

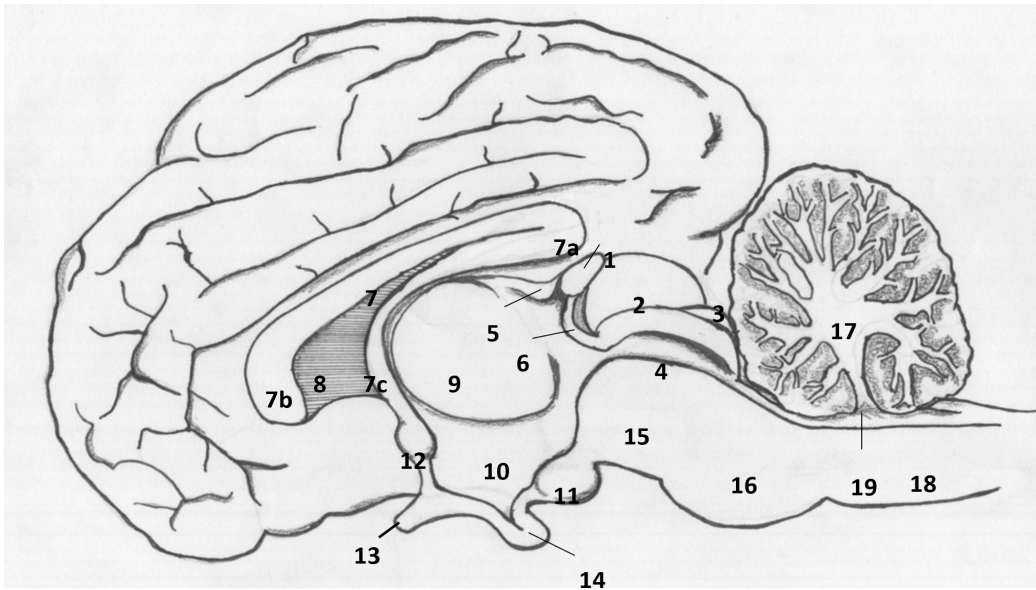


Figura 3. Representación esquemática del encéfalo de alpaca en corte mediano (vista medial). El bulbo olfatorio no se encuentra graficado. 1. Glándula pineal, 2. Colículo rostral, 3. Colículo caudal, 4. Acueducto cerebral, 5. Comisura habenular, 6. Comisura caudal, 7. Cuerpo calloso: 7a. Rodilla, 7b. Esplenio y 7c. Fórnix, 8. Septo pelúcido, 9. Tálamo, 10. Tercer ventrículo, 11. Cuerpo mamilar, 12. Comisura rostral, 13. Quiasma óptico, 14. Hipófisis, 15. Pedúnculo cerebral 16. Puente, 17. Cerebelo, 18. Médula espinal, 19. Cuarto ventrículo (Fuente: propia).

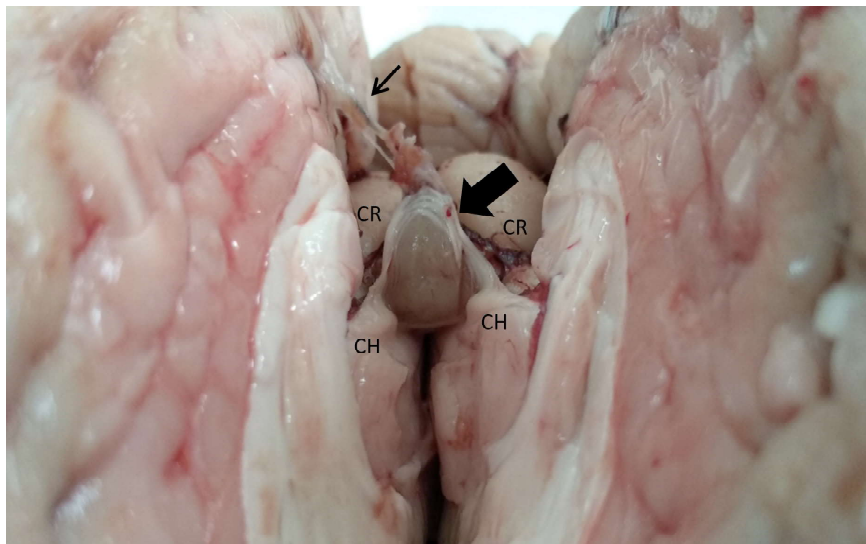


Figura 4. Glándula pineal de la alpaca vista desde rostral. La flecha gruesa indica las fibras provenientes de la comisura habenular (CH). La flecha delgada muestra la piamadre. CR: Colículo rostral

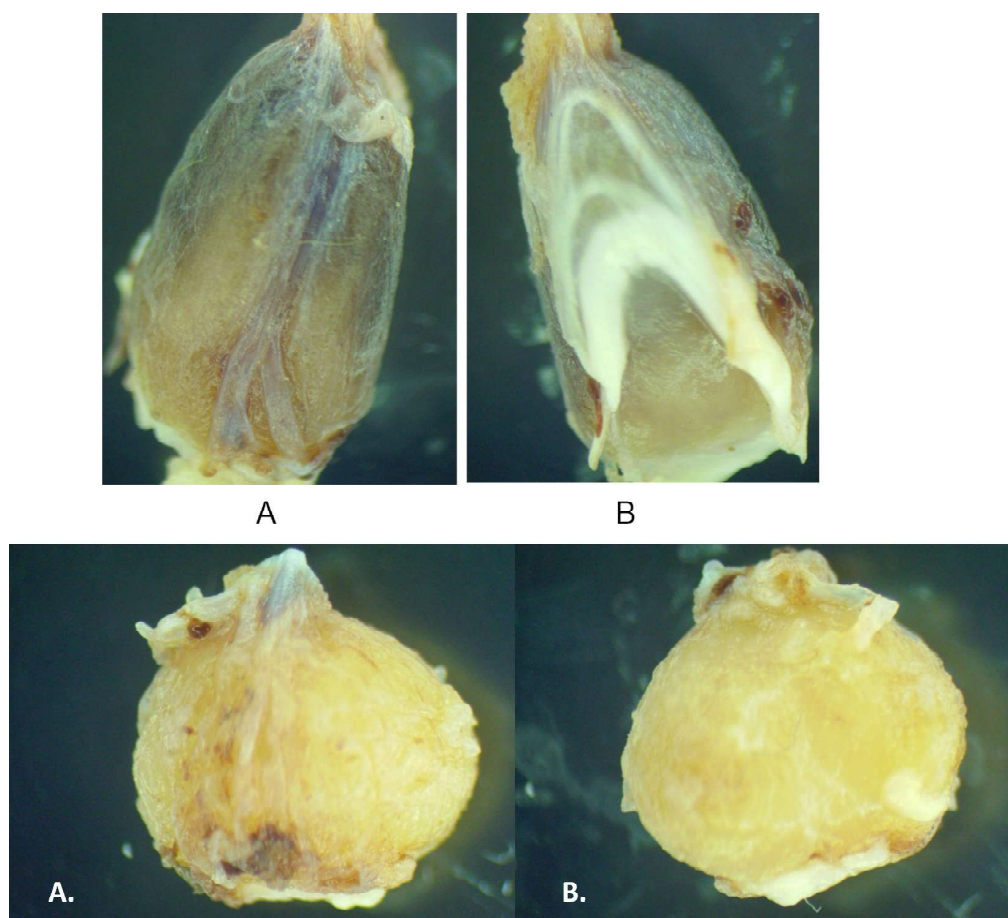


Figura 5. Glándula pineal de la alpaca. Forma de cono de pino (foto superior.). A. Vista aboral de la pineal, las flechas indican áreas de hiperpigmentación, B. Vista rostral de la pineal. Forma de arveja (foto inferior). A. Vista aboral de la pineal, B. Vista rostral de la pineal

Cuadro 1.- Medidas (mm) de las glándulas pineales de alpacas macho y hembra

| | | Promedio | Desviación estándar | Rango |
|-----------------|---------|----------|---------------------|-------------|
| Macho (n=5) | Largo | 7.39 | 0.89 | 6.21 - 8.61 |
| | Ancho | 4.87 | 1.07 | 3.64 - 5.95 |
| | Espesor | 3.66 | 0.60 | 2.99 - 4.62 |
| Hembra (n=5) | Largo | 6.82 | 1.09 | 5.50- 7.75 |
| | Ancho | 5.37 | 0.79 | 4.60 - 6.52 |
| | Espesor | 3.51 | 0.29 | 3.04 - 3.82 |
| Total (n=10) | Largo | 7.11 | 0.98 | 5.50 - 8.61 |
| | Ancho | 5.12 | 0.93 | 3.64 - 6.52 |
| | Espesor | 3.58 | 0.45 | 2.99 - 4.62 |

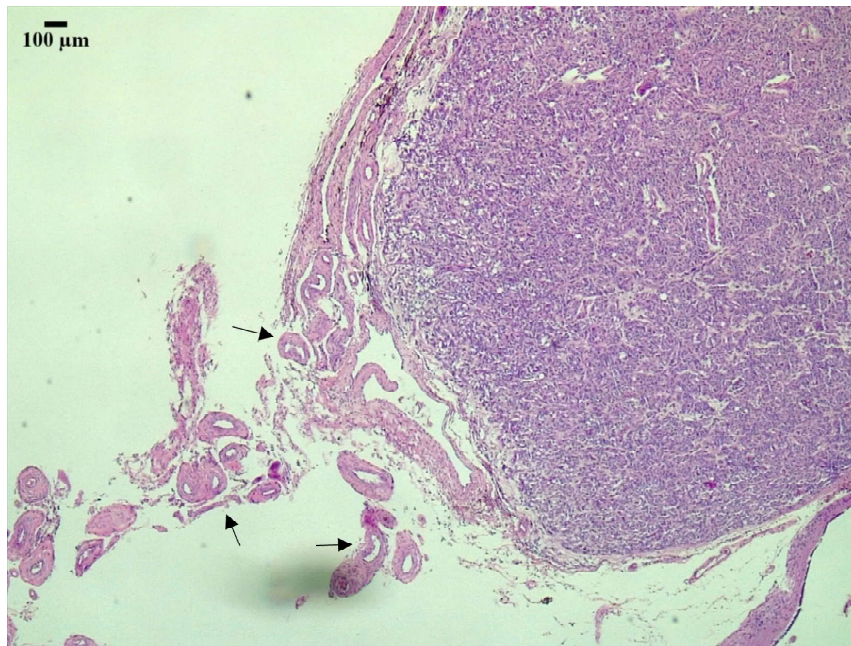


Figura 6. Cápsula y parénquima de la glándula pineal de alpaca. Nótese la estrecha relación con el plexo coroideo (flechas). No se observa una diferenciación entre corteza y médula (H-E, 40X)

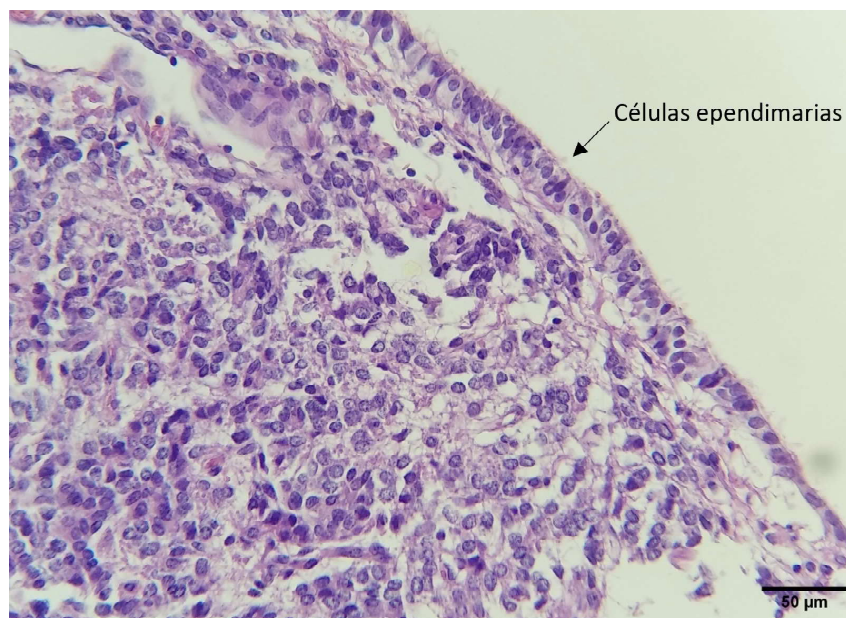


Figura 7. Células endimarias en cápsula de la glándula pineal de alpaca (Tricómico de Masson, 400X)

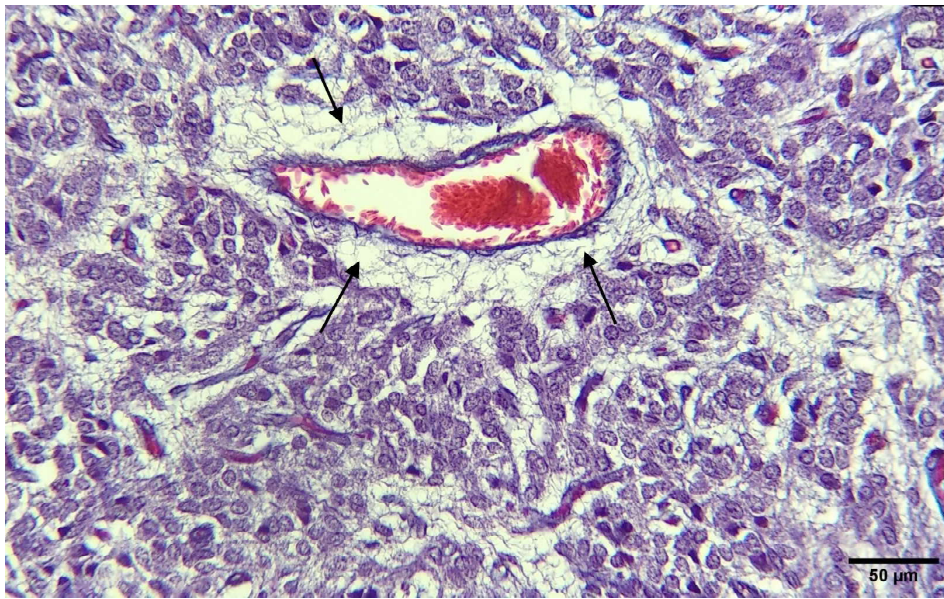


Figura 8. Presencia de prolongaciones citoplasmáticas perivasculares (flechas) en la glándula pineal de alpaca (Tricromico de Masson, 400X)

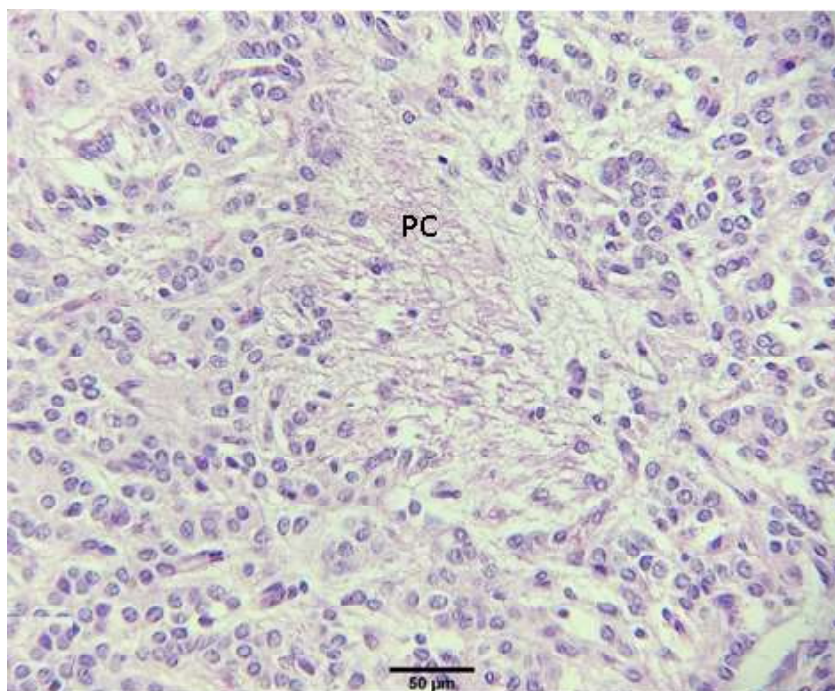


Figura 9. Presencia de proyecciones citoplasmáticas (PC) formando un estroma glandular en la glándula pineal de alpaca (H-E, 400X)

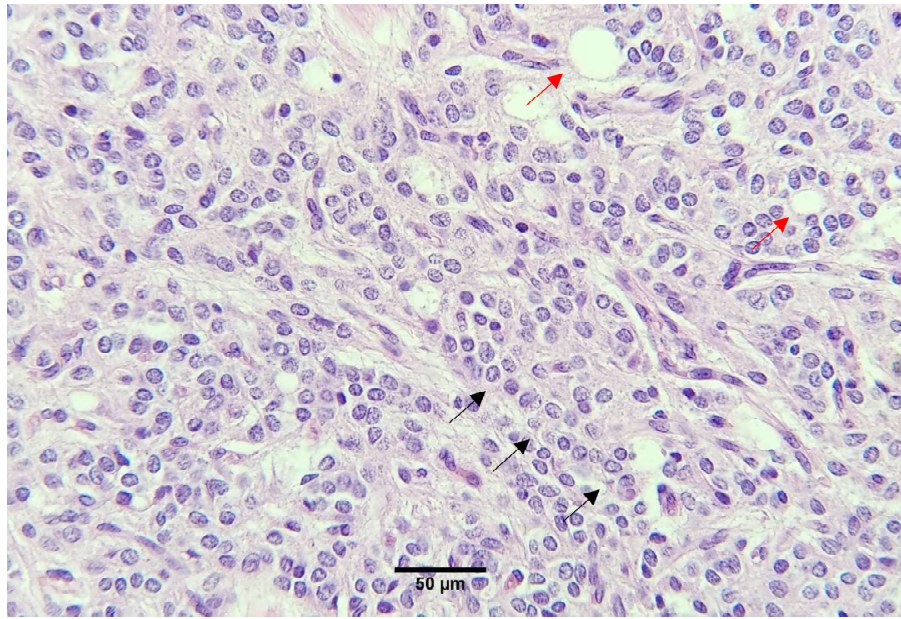


Figura 10. Pinealocitos. Presencia de patrón en cordones (flechas negras) y en rosetas (flechas rojas) en la glándula pineal de alpaca (H-E, 400X)

En el parénquima glandular no existe una clara diferenciación entre corteza y médula; no obstante, se observa una mayor concentración de vasos sanguíneos en la zona central, algunos de estos rodeados por abundante espacio perivascular.

Entre las células que componen a la glándula pineal, predominan los pinealocitos, los cuales a la tinción de hematoxilina y eosina presentan un citoplasma eosinófilo claro con límites no definidos de los cuales se emiten prolongaciones hacia sus semejantes, glías y espacio perivascular formando de esta forma un estroma glandular (Figuras 8-9). El núcleo es redondo a ovalado basófilo con apariencia granular con uno o más nucleolos. Estas células se distribuyen irregularmente a manera de cordones aleatorios y rosetas (Figura 10). En segundo lugar se encuentran las neuroglías, que se distribuyen entre los pinealocitos y con mayor frecuencia en los espacios perivasculares. A la tinción de H-E presentan citoplasma acidófilo con un núcleo

alargado a triangular con la presencia de un nucleolo (Figuras 11-12). Además de las células principales se observó la presencia de estructuras acidófilas de formas indefinidas formando cavernas en el parénquima, correspondientes a calcificaciones pineales o *corporea arenacea* (Figura 13, estructura que fue identificada en una alpaca hembra de boca llena).

En el parénquima se hallaron también de manera aleatoria células con citoplasma acidófilo granular y núcleo redondo a ovalado basófilo conteniendo uno o más nucleolos, así como además pigmentos de coloración amarronada con una marcada disposición hacia las áreas perivasculares (Figuras 14-15).

DISCUSIÓN

Según los datos obtenidos, la localización de la glándula pineal de la alpaca Huacaya adulta concuerda con la encontra-

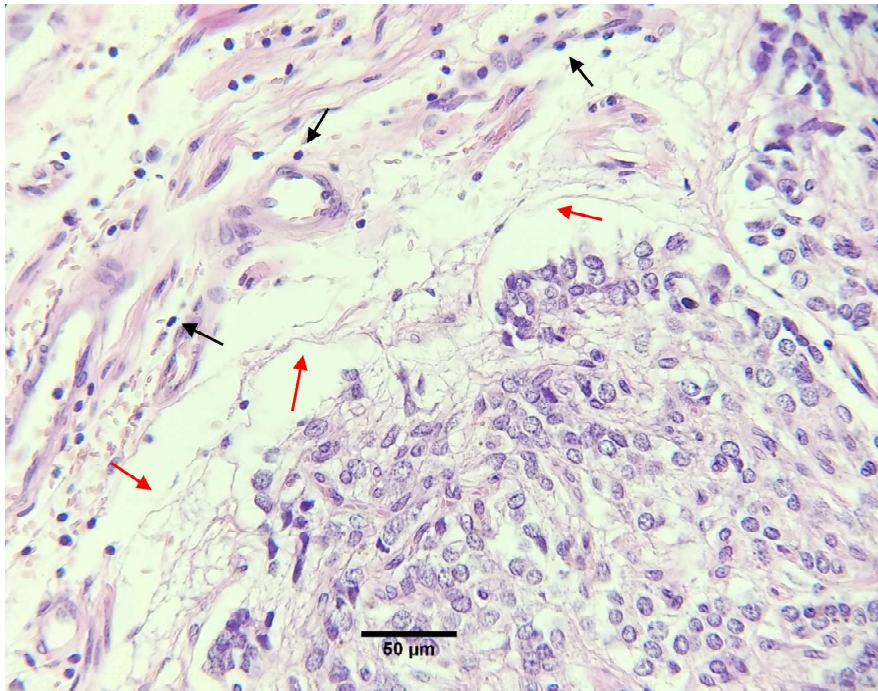


Figura 11. Presencia de neuroglia (flechas negras) en zona perivascular y proyecciones citoplasmáticas (flechas rojas) acidófilas en la glándula pineal de alpaca (H-E, 400X)

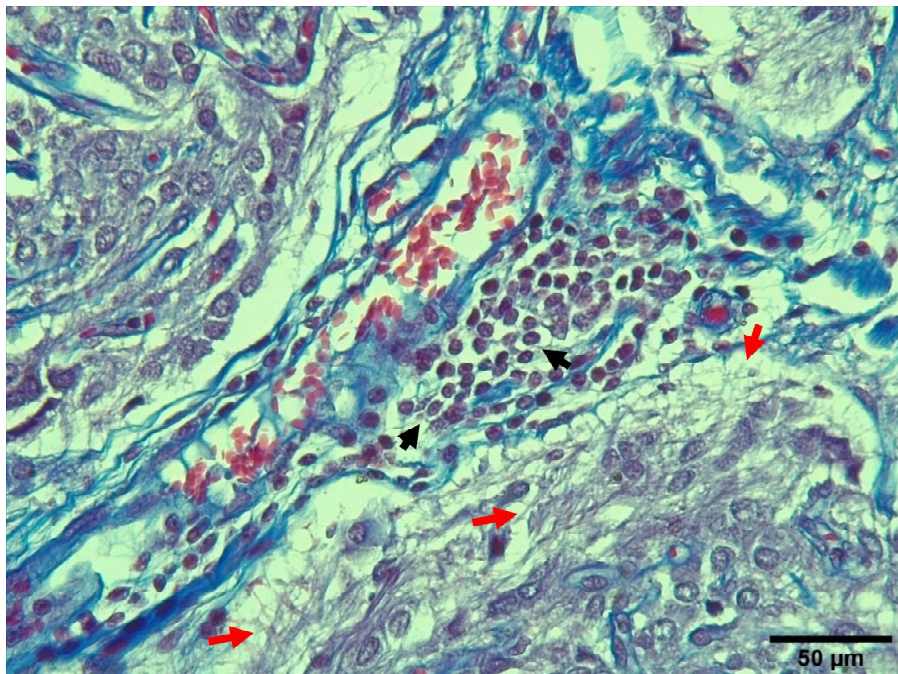


Figura 12. Presencia de neuroglia (flechas negras) en zona perivascular y proyecciones citoplasmáticas (flechas rojas) en la glándula pineal de alpaca (Tricromico de Masson, 400X)

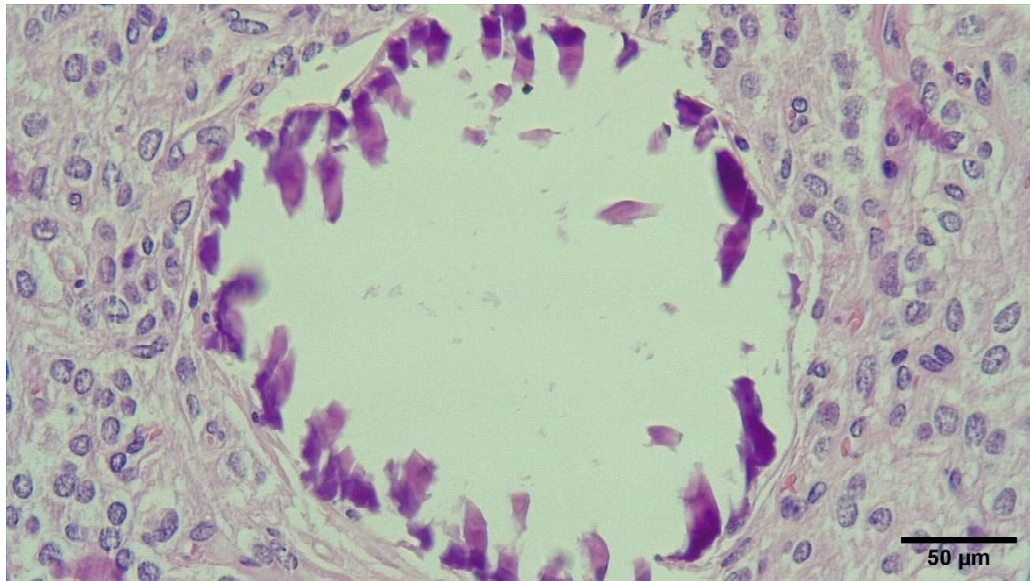


Figura 13. *Corpora arenacea* o calcificación en la glándula pineal de alpaca (H-E, 400X)

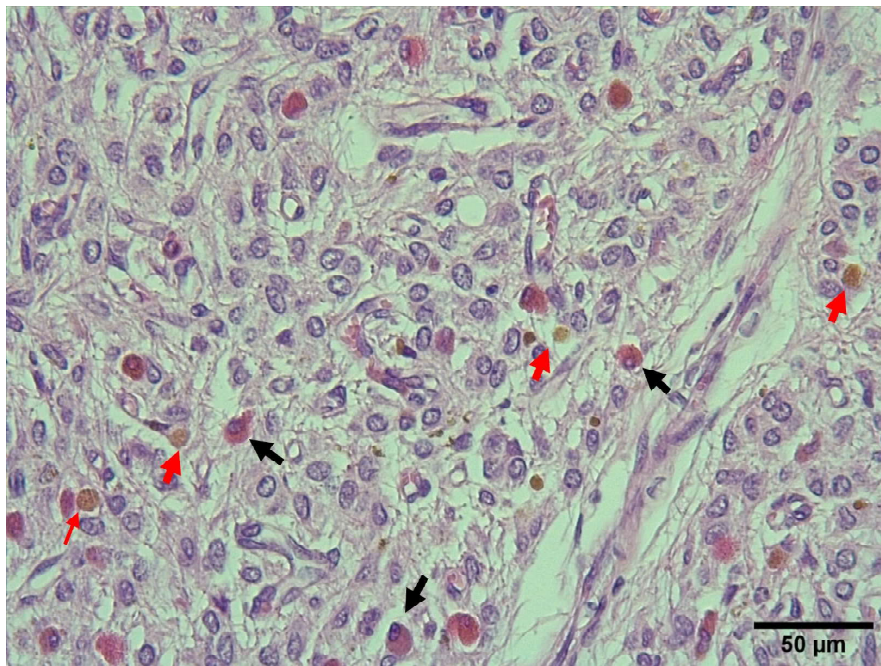


Figura 14. Presencia de células de citoplasma acidófilo granular (flechas negras) y pigmentos (flechas rojas) en la glándula pineal de alpaca (H-E, 400X)

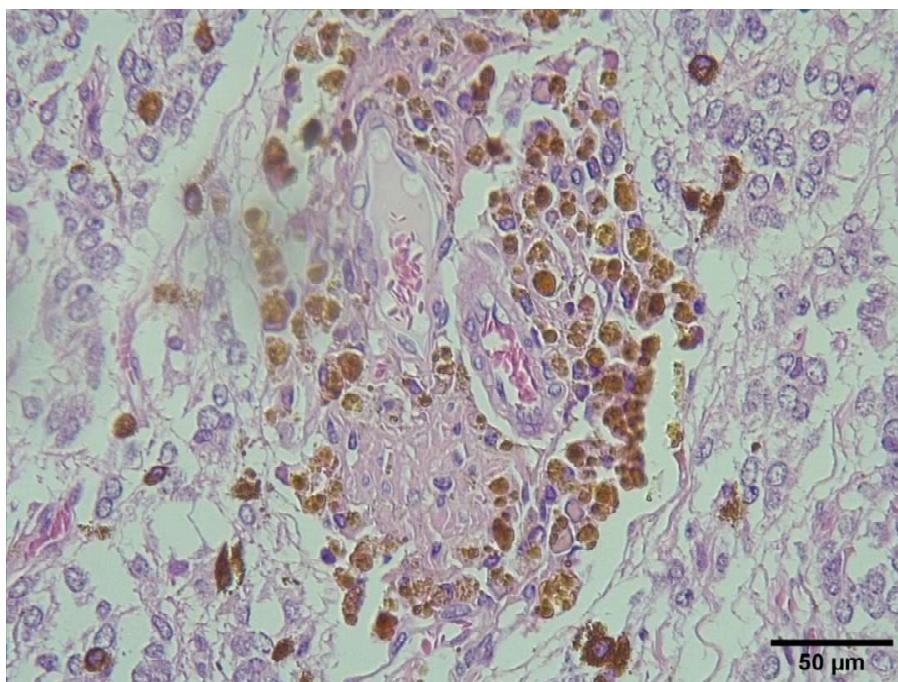


Figura 15. Pigmentos en espacio perivascular de la glándula pineal de alpaca (H-E, 400X)

da en los humanos y ungulados previamente estudiados (Hasegawa *et al.*, 1987; Abou-Easa *et al.*, 2009; Carvalho *et al.*, 2009; Nawal *et al.*, 2012; Lewczuk y Przybylska, 2013; Beheiry y Moselhy, 2016). El receso pineal contemplado es semejante a lo descrito en otras especies; además, la relación que mantiene la superficie dorsal de la glándula con los plexos coroideos evidencia la presencia de un receso suprapineal similar a lo referido en humanos, ovinos y felinos (Boya *et al.*, 1995; Lewczuk y Przybylska, 2013).

En lo que respecta a la forma, esta presenta variaciones en las muestras evaluadas, pudiendo encontrarse principalmente la forma de cono de pino, similar a lo expuesto en los dromedarios (Nawal *et al.*, 2012; Beheiry y Moselhy, 2016), bovinos (Phansuwan-Pujito *et al.*, 1993; Lewczuk y Przybylska, 2013) y humanos (Macchi y Bruce, 2004; Afroz *et al.*, 2014; Roa y Del Sol, 2014); sin embargo, en estas dos últimas especies se halló también la forma de arveja, similar a lo encontra-

do en este estudio y a lo descrito en búfalos (Abou-Easa *et al.*, 2009; Carvalho *et al.*, 2009) y ovinos (Tricoire *et al.*, 2002; Lewczuk y Przybylska, 2013).

La coloración del órgano fue mostaza clara a oscura con zonas de hiperpigmentación marrón, semejante a lo descrito en búfalos (Carvalho *et al.*, 2009) y difiriendo de dromedarios, los cuales presentan una pineal de tonalidad rojiza a marrón (Nawal *et al.*, 2012). La glándula pineal del búfalo y de la alpaca adulta son muy similares; sin embargo, a diferencia del búfalo, la epífisis cerebral del búfalo presenta lobulaciones macroscópicas (Carvalho *et al.*, 2009).

El tamaño de la glándula pineal fue de 7.15 ± 0.98 mm de largo y de 5.12 ± 0.92 mm de ancho, dimensiones similares a las descritas en humanos (5-8 x 3-5 mm) y en ovinos (4-8 mm de diámetro) y difieren de los búfalos, solo por la dimensión, y de los equinos porque en estos, la glándula es más grande y

alargada, siendo la longitud el doble del ancho (Tricoire *et al.*, 2002; Carvalho *et al.*, 2009; Lewczuk y Przybylska, 2013; Roa y Del Sol, 2014).

En este estudio, las dimensiones largo y espesor de las glándulas pineales de los machos fueron mayores que en las hembras, mientras que el ancho fue superior en las hembras. Esto difiere a lo descrito por Hasegawa *et al.* (1987), quienes no encontraron diferencia entre las glándulas pineales de hombres y mujeres.

La clasificación de la glándula pineal adulta, siguiendo las pautas de Blin y Maurin (1956), es de posición subcallosa, similar a la encontrada en carnívoros y primates (Gomes *et al.*, 2008), y es de tipo A, siguiendo los lineamientos propuestos por Vollrath (1981), dado que presenta un tallo pineal diferenciable que se encuentra conectado a la comisura posterior; además, no cumple con la pauta dada para la clasificación AB, la cual exige que la longitud de la glándula sea al menos el doble del ancho.

Microscópicamente, la cápsula pineal de la alpaca adulta está compuesta por tejido conectivo coincidiendo con lo hallado en otras especies animales anteriormente descritas. La cápsula también presenta tabiques o septos conteniendo abundantes vasos sanguíneos que se interiorizan en el parénquima glandular, mas no dividen el parénquima en lóbulos, difiriendo de esta forma a lo descrito en humanos (Junqueira y Carneiro, 2003) y búfalos (Carvalho *et al.*, 2009), pero coincidiendo con lo hallado en ovinos (Dualde, 2003), perros y gatos (Calvo *et al.*, 1988; Boya *et al.*, 1995).

La abundante vascularización, tanto en los septos como en el parénquima, concuerda con lo hallado por Pal *et al.* (2013); no obstante, en cuanto a su disposición se halló una predominancia hacia el interior de la glándula coincidiendo con la especie ovina (Dualde, 2003). Los vasos sanguíneos se ven rodeados de espacio perivascular, como lo descrito en dromedarios por Beheiry y Moselhy (2016).

Una porción de la cápsula se encontró constituida principalmente por células endimarias pseudoestratificadas ciliadas, correspondiendo al receso pineal, que a medida que continua a lo largo de la glándula van cambiando a células cúbicas ciliadas hasta perder los cilios, similar a lo descrito en el coatí por Favaron *et al.* (2008) y en el ovino por Dualde (2003).

Los pinealocitos, a la tinción de H-E, presentan un citoplasma eosinófilo claro, sin límites definidos, presentando prolongaciones los cuales se emiten hacia sus semejantes, glías y espacios perivascuales, similar a lo descrito en ovinos, humanos y dromedarios (Dualde, 2003; Macchi y Bruce, 2004; Pal *et al.*, 2013; Nawal *et al.*, 2012; Yu *et al.*, 2016). En su interior presentan un núcleo redondo a ovalado basófilo de apariencia granular conteniendo de uno a más nucleolos (Junqueira y Carneiro, 2003; Kus *et al.*, 2004; Abou-Easa *et al.*, 2009; Carvalho *et al.*, 2009; Beheiry y Moselhy, 2016). No se observa un patrón uniforme en la organización de estas células, empero, pudo identificar que los pinealocitos pueden disponerse en cordones y rosetas, similar a lo descrito por Güney *et al.* (2013) en el humano y por Dualde (2003) en el ovino.

Las neuroglías de la glándula pineal de la alpaca presentan una estructura celular similar a lo descrito en otros reportes (Abou-Easa *et al.*, 2009; Nawal *et al.*, 2012; Pal *et al.*, 2013; Roa y Del Sol, 2014; Yu *et al.*, 2016). Dichas células se encuentran distribuidas con mayor frecuencia en los espacios perivascuales y entre los pinealocitos, similar a lo descrito en los dromedarios (Beheiry y Moselhy, 2016) y humanos (Macchi y Bruce, 2004).

En el parénquima pineal, principalmente alrededor de los vasos sanguíneos, se observó la presencia de proyecciones citoplasmáticas a modo de estroma que a la tinción de H-E, son de afinidad acidófila, formando una membrana basal perivascular, similar a lo encontrado por Roa y Del Sol (2014)

en los humanos. A pesar de estar principalmente en áreas perivasculares, se pudo observar también la organización de este estroma entre los pinealocitos sin estar asociado a algún vaso sanguíneo. No se observó distinción alguna entre edades o sexo, difiriendo a lo descrito por Dualde (2003) y Boya y Calvo (1984), quienes hallaron diferencias por edad.

En el presente estudio se hallaron pigmentos similares a lo encontrado en las vizcachas (Busolini *et al.*, 2017) y los dromedarios (Abou-Easa *et al.*, 2009; Nawal *et al.*, 2012) en los que su localización fue predominantemente cerca de los vasos sanguíneos. También se encontraron células de citoplasma acidófilo granular y núcleo redondo a ovalado basófilo conteniendo uno a más nucleolos, distribuidas de manera aleatoria en el parénquima pineal. Estas células se asemejan a las encontradas por Abou-Easa *et al.* (2009) y Nawal *et al.* (2012) en dromedarios.

La calcificación pineal se evidenció en las alpacas, así como en humanos y búfalos (Abou-Easa *et al.*, 2009; Carvalho *et al.*, 2009; Tan *et al.*, 2018). En este sentido, Carvalho *et al.* (2009) encontraron que las concreciones ocurrieron principalmente en la región caudal de la glándula pineal del búfalo, en tanto que en la alpaca no se halló predisposición alguna en el parénquima pineal.

CONCLUSIONES

- Macroscópicamente, la glándula pineal de la alpaca no presenta lobulaciones y tiene una forma predominante de pino. El ancho de la glándula es mayor en las hembras, en tanto que en los machos son más largas y gruesas. Las glándulas se clasifican como Tipo A, mientras que por su posición anatómica se consideran como subcallosa. Asimismo, mantiene una estrecha relación con las estructuras adyacentes formando recesos como el pineal y suprapineal.

- Microscópicamente, presenta una alta vascularización y carece de diferenciación entre corteza y médula. El parénquima contiene pigmentos y calcificaciones dispuestos irregularmente, presentando además un estroma glandular proveniente de proyecciones citoplasmáticas de los pinealocitos, que se disponen en forma de cordones y rosetas, y neuroglias, estos últimos se disponen mayormente en espacios perivasculares.

Agradecimientos

El presente trabajo fue financiado por el Proyecto N.º A19081501 «Estudio morfológico de la glándula pineal e identificación de células productoras de melatonina en alpacas (*Vicugna pacos*)» con Resolución Rectoral N.º 03556-R-19 del Grupo de Investigación Anatomía Veterinaria.

LITERATURA CITADA

1. **Abou-Easa K, Tousson E, Abd-El-Gaward M. 2009.** Involution signs during the postnatal life in the pineal tissue of buffalo and camel. *Nature Science* 7: 35-44. doi: 10.4067/S0717-95022015000100001
2. **Afroz H, Nurunnabi ASM, Rahman M, Ara S. 2014.** Different shapes of the human pineal gland-a study on 60 autopsy cases. *J Dhaka Med Coll* 23: 211-2014. doi: 10.3329/jdmc.v23i2.25393
3. **Beheiry R, Moselhy A. 2016.** Macro and microscopical studies on the pineal gland of camel with immunohistochemical localization to the pinealocytes and glia cells markers. *Int J Adv Res* 4: 1154-1163. doi: 10.21474/IJAR01/1317
4. **Blin PC, Maurin C. 1956.** Anatomie macroscopique de l'épiphyse des mammifères domestiques. *Recl Med Vet* 132: 36-52.

5. **Boya J, Calvo J. 1984.** Structure and ultrastructure of the aging rat pineal gland. *J Pineal Res* 1: 83-89. doi: 10.1111/j.1600-079x.1984.tb00198.x
6. **Boya J, Calvo J, Rancaño D. 1995.** Structure of the pineal gland in the adult cat. *J Pineal Res* 18: 112-118. doi: 10.1111/j.1600-079x.1995.tb00148.x
7. **Busolini F, Rodriguez G, Filippa V, Mohamed F. 2017.** Pigmented cells in the pineal gland of female vizcacha (*Lagostomus maximus maximus*): a histochemical and ultrastructural study. *Int J Endocrinol* 2017: 7492960. doi: 10.1155/2017/7492960
8. **Calvo J, Boya J, Garcia- Mauriño JE, Lopez- Carbonell A. 1988.** Structure and ultrastructure of the pigmented cells in the adult dog pineal gland. *J Anat* 160: 67-73
9. **Carvalho A, Ambrosio CE, Miglino MA, Furlanetto CA, Hernandez FJ. 2009.** Macro- microscopical aspects of the buffalo (*Bubalus bubalis* Linnaeus, 1758) pineal gland. *Biotemas* 22: 127-135. doi: 10.5007/2175-7925.2009v-22n2p127
10. **Celi I. 2012.** Estudio de los mecanismos implicados en la estacionalidad reproductiva de caprinos mediterráneos: papel de los opioideos, catecolaminas y la serotonina. Tesis Doctoral. Huelva, España: Univ. de Huelva. 282 p.
11. **Dualde D. 2003.** Estudio comparativo de la organización estructural y funcional de la pineal en la especie ovina. Tesis Doctoral. Valencia, España: Universitat de Valencia. 203 p.
12. **Favaron PO, Mançanares CA, De Carvalho AF, Ambrósio CE, Leiser R, Miglino MA. 2008.** Gross and microscopic anatomy of the pineal gland in *Nasua nasua*—coati (Linnaeus, 1766). *Anat Histol Embryol* 37: 464-468. doi: 10.1111/j.1439-0264.2008.00883.x
13. **Gomes LA, Prada I, Farias E, Zanon J, Headley S, Hernandez F. 2008.** Estudio morfológico da glândula do cão. *Semin Cienc Agrar* 29: 137-150.
14. **Güney M, Ayranci E, Kaplan S. 2013.** Development and histology of the pineal gland in animals. In: Turgut M. 2013. Step by step pinealectomy techniques in animals for researchers. New York: Nova Biomedical. 33- 52 p.
15. **Hasegawa A, Ohtsubo K, Mori W. 1987** Pineal gland in old age; quantitative and qualitative morphological study of 168 human autopsy cases. *Brain Res* 409: 343-349. doi: 10.1016/0006-8993(87)-90720-7
16. **Junqueira LC, Carneiro J. 2003.** Basic histology: text and atlas. 10th ed. Lange Medical Books McGraw-Hill. 515 p.
17. **Koshy S, Vettibel S. 2001.** Melanin pigments in human pineal gland. *J Anat Soc India* 50: 122-126.
18. **Kus I, Sarsilmaz M, Ozen OA, Turkoglu AO, Pekmez H, Songur A, Kelestimur H. 2004.** Light and electron microscopic examination of pineal gland in rats exposed to constant light and constant darkness. *Neuroendocrinol Lett* 25: 102-108.
19. **Kus I, Sarsilmaz M, Ozen AO, Turkoglu AO, Pekmez H, Songur A, Kelestimur H. 2004.** Light and electron microscopic examination of pineal gland in rats exposed to constant light and constant darkness. *Neuroendocrinol Lett* 25:102-108.
20. **Lewczuk B, Przybylska-Gornowicz B. 2013.** Gross anatomy of the pineal complex in animals. In: Turgut M. 2013. Step by step experimental pinealectomy techniques in animals for researchers. New York: Nova Biomedical. p 33- 52.
21. **Macchi M, Bruce J. 2004.** Human pineal physiology and functional significance of melatonin. *Front Neuroendocrin* 25:177-195. doi: 10.1016/j.yfrne.2004.08.001
22. **Nawal SO, Ismail HI, Osman DI. 2012.** Morphology of the pineal gland of the one humped camel (*Camelus dromedarius*). *U of K J Vet Med Anim Prod* 3: 65 81.

23. **Pal B, Ghosal AK, Minj AP, Ghosh RK. 2013.** Comparative histomorphological study of the pineal gland in human and fowl. *Al Ameen J Med Sci* 6: 80-84.
24. **Phansuwan-Pujito P, Govitrapong P, Moller M. 1993.** An immunohistochemical study of neuropeptide Y in the bovine pineal gland. *J Pineal Res* 15: 53-58. doi: 10.1111/j.1600-079x.1993.tb00510.x
25. **Pollard JC, Littlejohn RP, Moore GH. 1995.** Seasonal and other factors affecting the sexual behaviour in alpacas. *Anim Reprod Sci* 37: 349-356. doi: 10.1016/0378-4320(94)01339-N
26. **Prada I. 2014.** Neuroanatomia funcional em medicina veterinária com correlações clínicas. Jaboticabal, Brasil: Terra Molhada. 586 p.
27. **Roa I, Del Sol M. 2014.** Morfología de la glándula pineal- revisión de la literatura. *Int J Morphol* 32: 515-521. doi: 10.4067/S0717-95022014000200023
28. **Tan DX, Xu B, Zhou, Reiter R. 2018.** Pineal calcification, melatonin production, aging, associated health consequences and rejuvenation of the pineal gland. *Molecules* 23: 301. doi: 10.3390/molecules23020301
29. **Tricoire H, Locatelli A, Chemineau P, Malpoux B. 2002.** Melatonin enters the cerebrospinal fluid through the pineal recess. *Endocrinology* 143: 84-90. doi: 10.1210/endo.143.1.8585
30. **Vaughan JL, Tibary A. 2006.** Reproduction in female South American camelids: a review and clinical observations. *Small Ruminant Res* 61: 259-281. doi: 10.1016/j.smallrumres.2005.07.015
31. **Vollrath L. 1981.** Comparative morphology of the vertebrate pineal complex. *Prog Brain Res* 52: 25-38. doi: 10.1016/S0079-6123(08)62909-X
32. **Yu H, Benitez S, Jung, Farias L, Kruse M, Bae J, Koh D, et al. 2016.** GABAergic signaling in the pineal gland. *J Pineal Res* 61: 69-81. doi: 10.1111/jpi.12328