



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
**Universidad del Perú. Decana de América**  
Facultad de Medicina Veterinaria  
Escuela Profesional de Medicina Veterinaria

**Estudio del desarrollo morfológico del neopalio durante la etapa  
prenatal en alpaca (*Vicugna pacos*)**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de Médico Veterinario

**AUTOR**

Susana Jackelyn ROLDÁN MURILLO

**ASESOR**

Alexander Humberto CHÁVEZ REÁTEGUI

Lima, Perú

2020



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Roldán S. Estudio del desarrollo morfológico del neopalio durante la etapa prenatal en alpaca (*Vicugna pacos*) [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria, Escuela Profesional de Medicina Veterinaria; 2020.

---

## Hoja de metadatos complementarios

Código ORCID del autor	—
DNI o pasaporte del autor	72557781
Código ORCID del asesor	0000-0003-4776-5679
DNI o pasaporte del asesor	40443415
Grupo de investigación	—
Agencia financiadora	<p><b>País de la agencia financiadora:</b> Perú</p> <p><b>Nombre y siglas de la agencia financiadora:</b> Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica, una iniciativa del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (FONDECYT-CONCYTEC)</p> <p><b>Nombre del programa financiero:</b> Círculo de investigación en ciencia y tecnología</p> <p><b>Número de contrato:</b> 025-2016-FONDECYT</p>
Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación	<p><b>Lugar:</b> Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Av. Circunvalación 2880, San Borja, Lima, Lima, Perú.</p> <p><b>Coordenadas geográficas:</b> -12.081672, -76.987611</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2018-2020
Disciplinas OCDE	<p><b>Ciencia veterinaria</b> <a href="http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#4.03.01">http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#4.03.01</a></p> <p><b>Anatomía, Morfología</b> <a href="http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.01.01">http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.01.01</a></p>



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS EN MODALIDAD VIRTUAL  
PARA OPTAR EL TÍTULO DE MEDICO VETERINARIA  
Autorizado por R.D N° 304-D-FMV-2020**

**1. FECHA DE LA SUSTENTACIÓN 12/11/2020**

HORA INICIO: 12:00 horas

HORA TÉRMINO: 13:00 horas

**2. MIEMBROS DEL JURADO**

PRESIDENTE: **MV. Gilberto Santillán Altamirano**

MIEMBRO: **MV. Mg. Luis Manuel Barrios Arpi**

MIEMBRO: **MV. Mg. Francisco Javier Santos Rueda**

ASESOR: **MV. Alexander Humberto Chávez Reátegui**

**3. DATOS DEL TESISISTA**

APELLIDOS Y NOMBRES: **ROLDÁN MURILLO, SUSANA JACKELYN**

CÓDIGO: **13080056**

R.R. DE GRADO DE TESISISTA NÚMERO: **013256-2019-R/UNMSM**

TÍTULO DE LA TESIS: **“ESTUDIO DEL DESARROLLO MORFOLOGICO DEL NEOPALIO DURANTE LA ETAPA PRENATAL EN ALPACAS ( *Vicugna pacos*)”**

**4. RECOMENDACIONES**

---

**Datos de la plataforma virtual institucional del acto de sustentación:**

Https: [meet.google.com/tfn-mgtn-gdm](https://meet.google.com/tfn-mgtn-gdm)

ID [tfn-mgtn-gdm](https://meet.google.com/tfn-mgtn-gdm)

Grabación archivada en:

[https://drive.google.com/file/d/1Q8\\_dJXo18X7RQsX4rzUap0YzEoWqRx7F/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1Q8_dJXo18X7RQsX4rzUap0YzEoWqRx7F/view?usp=sharing)

2da Grabación:

<https://drive.google.com/file/d/1ig7CdUDAHgNuomDEf7CspPSwFL1GCr01/view?usp=sharing>


**5. NOTA OBTENIDA: 18 (en números), Dieciocho (en letras)**

**6. PÚBLICO ASISTENTE:** (Nombre, apellido y DNI)

Miryam Quevedo Urday	40064320	mquevedou@unmsm.edu.pe
Faride Altamirano Zevallos	43695598	faltamiranoz@unmsm.edu.pe
Luis Cerro Temoche	41341572	lcerrot@unmsm.edu.pe
Luis Hoyos Sifuentes	41175479	luis.hoyos@unmsm.edu.pe
Victor Hugo Castillo	08703624	vcastillod@unmsm.edu.pe
Gloria Murillo	06721336	glomuvi64@hotmail.com
Cesar Leyva	70190659	cesar.leyva@unmsm.edu.pe
Adriana Sussoni	72629507	adriana.sussoni@unmsm.edu.pe
Paola Olaya	74884941	paolaolayaparedes@gmail.com
Claudia Angulo Callisiani	75524438	callisiani@outlook.com
Christian Changanahui	71576310	christian.changanahui@unmsm.edu.pe
Andrea Pacheco Estrada	113610954	avep16@hotmail.com
Mitzi Westreicher	73201014	mitzi.westreicher@unmsm.edu.pe
Ayrton Cerro	77294841	manuel.cerro.ancco@gmail.com
Mayra Navarro	48179591	m.dayana.2503@gmail.com
Claudia Maurtua	43521518	psic.claudiamaurtua@gmail.com
Antonio Arellano	45412739	nicron_20@hotmail.com
Madeline Garcia Leandro	41552864	madeline.garcia@unmsm.edu.pe
Miluska Navarrete Zamora	25782690	mnavarretez@unmsm.edu.pe
Gianmarco Panesi	40038437	gmpanesi1978@gmail.com
Elizabeth Quispe Garay	45009153	elizabeth.quispe11@unmsm.edu.pe
Emelin Cruz Calixto	76287759	emelinvet5@gmail.com
Ada Pilar Lescano Cuya	41919229	0810245@unmsm.edu.pe
Sharon Cabanillas Ruidiaz	77676886	sharon.cabanillas@unmsm.edu.pe
Jacqueline Ascona Litano	48055570	jacquelineeasconalitano@unmsm.edu.pe
Eliana Vilca Ypanaqué	72897384	ervy.2222@gmail.com

Ada Lescano Cuya	41919229	0810245@unmsm.edu.pe
------------------	----------	----------------------

7. FIRMAS DE LOS MIEMBROS DEL JURADO

Firma 
<b>MV. Santillán Altamirano Gilberto</b> Apellidos y Nombres
<b>PRESIDENTE</b>

Firma 	Firma 	Firma 
<b>MV. Chávez Reátegui Alexander Humberto</b> Apellidos y Nombres	<b>MV. Mg. Barrios Arpi Luis Manuel</b> Apellidos y Nombres	<b>MV. Mg. Santos Rueda Francisco Javier</b> Apellidos y Nombres
<b>ASESOR DE LA TESIS</b>	<b>MIEMBRO JURADO</b>	<b>MIEMBRO JURADO</b>

## Dedicatorias

A mi madre, Gloria Murillo, quien siempre tuvo el sueño de verme profesional, y además me enseñó el amor por los animales. Gracias por mostrarme el camino correcto de hacer las cosas, por la responsabilidad que te caracteriza a pesar de lo duras que puedan ser las circunstancias y por habérmela inculcado desde niña. Gracias por creer en mí.

A mi padrino, Alfonso Murillo, quien confía en que lograré todo lo que me proponga, y me apoya incondicionalmente desde siempre. Gracias por quererme como un padre, por engreírme tanto y por tu paciencia.

A mi abuela, Bárbara Vittery, la persona más noble que conocí en mi vida. Aunque ya no estés aquí para seguir compartiendo mis alegrías, sé que desde algún lugar me observas feliz.

A mis mejores amigos de la universidad, los que siempre estuvieron en las buenas y en las malas durante estos años: Mitzi, Christian, Paola, Antonio y Cesar.

A Gianmarco Panesi, quien se convirtió en una especie de padre, amigo, maestro y jefe al mismo tiempo. Gracias por el apoyo y por inspirarme cada día a ser mejor profesional.

A Claudia Maúrtua, quien me ayudó (y sigue ayudándome) a verme a mí y al mundo con ojos de amor.

Y a todas las personas que depositan su confianza en mí día a día.



## **Agradecimientos**

Al convenio 025-2016-FONDECYT por el apoyo en la realización de esta tesis.

Al cuerpo docente del Laboratorio de Anatomía Animal y Fauna Silvestre:

Miluska Navarrete, Alexander Chávez, Francisco Santos

Y un agradecimiento especial al Dr. Alberto Sato, quien me brindó, además de su amplio conocimiento y experiencia en el tema; su tiempo, voluntad y paciencia durante el desarrollo de esta tesis.

## CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
2.1 Desarrollo del Sistema Nervioso	2
2.1.1 Formación de tubo neural	2
2.1.2 Formación de vesículas	2
2.1.3 Telencéfalo	3
MATERIALES Y MÉTODOS	9
3.1 Lugar de estudio	9
3.2 Número de animales muestreados	9
3.3 Materiales	9
3.3.1 Equipo e instrumental	9
3.4 Metodología	10
<b>RESULTADOS</b>	12
4.1 Fisuras y surcos	13
4.1.1 Fisura Lateral (Fisura de Silvio)	17
4.1.2 Surco Ectosilviano Caudal	17
4.1.3 Surco Diagonal	17
4.1.4 Surco Presilviano	17
4.1.5 Surco Suprasilviano Rostral, Medio y Caudal	17
4.1.6 Surco Sagital	21
4.1.7 Surco Ectosagital	22
4.1.8 Surco Endosagital	22
4.1.9 Surco Coronal	22
4.1.10 Surco Central	22
4.1.11 Surco Esplénico, Surco Genuo y Surco Calcarino	24
4.2 Giros o circunvoluciones	25
4.2.1 Giro Silviano Rostral	25
4.2.2 Giro Silviano Caudal	25
4.2.3 Giro Ectosilviano medio	25
4.2.4 Giro Ectosilviano caudal	25
4.2.5 Giro Ectosagital Medio	26

4.2.6 Giro Sagital	26
4.2.7 Giro Postcentral	26
4.2.8 Giro Precentral	26
4.2.9 Giro Cingulado	27
DISCUSIÓN	29
CONCLUSIONES	32
LITERATURA CITADA	33

## LISTA DE CUADROS

Tabla 1. Cronología de los surcos y giros cerebrales en los fetos de alpaca

28

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Divisiones del tubo neural	3
Figura 2. Vista dorsal del cerebro de alpaca adulta	5
Figura 3. Vista lateral del cerebro de alpaca adulta.	5
Figura 4. Vista medial del cerebro de la alpaca adulta.	6
Figura 5. Infiltración del cerebro	11
Figura 6. Vista lateral derecha del cerebro de feto de alpaca de 3.57 meses	14
Figura 7. Vista lateral derecha de cerebro de feto de alpaca de 4.81 meses	14
Figura 8. Vista lateral derecha del cerebro de feto de alpaca de 5.64 meses	15
Figura 9. Vista lateral derecha del cerebro de feto de alpaca de 6.21 meses	15
Figura 10. Vista lateral derecha del cerebro de feto de alpaca 7.68 meses	15
Figura 11. Vista lateral derecha del cerebro del feto de alpaca de 8.98 meses	16
Figura 12. Vista lateral derecha del cerebro de feto de alpaca 9.21 meses	16
Figura 13. Vista lateral derecha del cerebro de feto de alpaca 10.78 meses	16
Figura 14. Vista dorsal de cerebro de 3.38 meses	18
Figura 15. Vista dorsal del cerebro de 4.81 meses	18
Figura 16. Vista dorsal de cerebro de 5.64 meses	19
Figura 17. Vista dorsal de cerebro de 6.89 meses	19
Figura 18. Vista dorsal de cerebro 7.68 meses	20
Figura 19. Vista dorsal de cerebro de 8.98 meses	20
Figura 20. Vista dorsal de cerebro de 9.21 meses	21
Figura 21. Vista dorsal de cerebro de 10.78 meses	21
Figura 22. Vista medial del hemisferio cerebral derecho de 3.57 meses	23
Figura 23. Vista medial del hemisferio cerebral derecho de 5.64 meses	23
Figura 24. Vista medial del hemisferio cerebral derecho de 7.58 meses	23
Figura 25. Vista medial del hemisferio cerebral derecho de 10.78 meses	24
Figura 26. Vista lateral derecha del cerebro de 10.78 meses	25
Figura 27. Vista dorsal del cerebro de 10.78 meses	26
Figura 28. Vista medial del hemisferio cerebral derecho de 10.78 meses	27

## RESUMEN

El camélido sudamericano representa el componente principal de las actividades productivas del campesino andino, sin embargo, existe limitada información actual sobre las características anatómicas del sistema nervioso de esta especie. Por ello, el objetivo del presente estudio fue describir la anatomía macroscópica del neopalio en fetos de alpaca y así colaborar con el entendimiento de otras disciplinas. Para este estudio se utilizaron 15 fetos con edades gestacionales comprendidas entre los días 101 a 323. A los cerebros se les infiltró formaldehído al 10% mediante inyecciones en la unión frontoparietal y nasofrontal del cráneo. Se esperaron 30 días para posteriormente diseccionarlos y hacer la exposición del neopalio, del cual se tomaron fotografías *in situ* de la vista dorsal, lateral, rostral y caudal. Con estas fotografías se identificaron a los surcos y giros cerebrales. En orden cronológico los surcos que se describieron fueron: Fisura Lateral, Surco Suprasilviano, Surco Endosagital, Surco Coronal, Surco Esplénico, Surco Genuo, Surco Calcarino, Surco Presilviano, Surco Central, Surco Sagital, Surco Ectosagital, Surco Diagonal, Surco Ectosilviano. Y los giros: Giro Cingulado, Giro Silviano Rostral, Giro Silviano Caudal, Giro Sagital, Giro Poscentral, Giro Precentral, Giro Ectosilviano Medio, Giro Ectosilviano Caudal, Giro Ectosagital Medio. Además, se evidenció una asimetría entre hemisferios del mismo individuo tanto por el largo y forma de algunos surcos y giros, así como por la ubicación de estos.

**Palabras clave:** alpaca, feto, cerebro, surco, giro

## ABSTRACT

The South American camelid represents the main component of the productive activities of the Andean peasant, however, there is limited current information about the anatomical characteristics of the nervous system of this species. Therefore, the aim of the present study was to describe the macroscopic anatomy of the neopallium in alpaca fetuses and thus collaborate with the understanding of other disciplines. Fifteen fetuses with gestational ages ranging from days 101 to 323 were used for this study. The brains were infiltrated with 10% formaldehyde by injections at the frontoparietal and nasofrontal junction of the skull. They waited 30 days to later dissect them and make the exposure of the neopallium, of which photographs were taken in situ of the dorsal, lateral, rostral and caudal view. With these photographs the brain sulcus and gyri were identified. In chronological order the sulcus that were described were: Lateral Fissure, Suprasylvian Sulcus, Endosagittal Sulcus, Coronal Sulcus, Splenial Sulcus, Genuate Sulcus, Calcarine Sulcus, Presylvian Sulcus, Central Sulcus, Sagittal Sulcus, Ectosagittal Sulcus, Diagonal Sulcus, Ectosylvian Sulcus. And the Gyrus: Cingulate Gyrus, Rostral Sylvian Gyrus, Caudal Sylvian Gyrus, Sagittal Gyrus, Postcentral Gyrus, Precentral Gyrus, Middle Ectosylvian Gyrus, Caudal Ectosylvian Gyrus, Middle Ectosagittal Gyrus. In addition, an asymmetry between hemispheres of the same individual was evidenced both by the length and shape of some sulcus and gyrus, as well as by their location.

**Key words:** alpaca, fetuse, neopallium, sulcus, gyri

## I. INTRODUCCIÓN

Una de las actividades más significativas de la zona altoandina del país es la ganadería del camélido sudamericano. Aproximadamente el 90% de estos animales está bajo el poder de pequeños productores que constituyen uno de los sectores más pobres de la población peruana (FAO, 2005). Entre los tantos productos que proporcionan, están la fibra, carne, piel, leche, estiércol y cuero. Además, son utilizados en la medicina tradicional, en el turismo e incluso en la labranza agrícola por su gran fortaleza (Esquivel *et al.*, 2018). Sin embargo, el camélido en sí, también ha cobrado importancia dentro de la medicina, ya que se le ha utilizado como modelo de estudio en diversas ciencias como la bioquímica, inmunología, endocrinología, biomecánica y demás, para entender determinados procesos fisiológicos.

Dada la importancia que representa esta especie, junto con la insuficiente información sobre su anatomía, es que actualmente existe una ardua labor por complementar los estudios previos. Entre ellos, tenemos el estudio del sistema nervioso, del cual no se han publicado tratados completos, solo algunas referencias donde la mayoría son tesis de estudiantes (Fowler, 2010).

El sistema nervioso se divide en dos partes: El sistema nervioso central (SNC) y el sistema nervioso periférico. El SNC está representado por la médula espinal y el cerebro. Este último se encarga de actividades motoras; de regular funciones viscerales, endocrinas y somáticas; entre otras funciones complejas (Parent, 1996). La corteza del cerebro cumple funciones que poco se conocen a pesar de que ocupa una gran porción del sistema nervioso (Guyton y Hall, 2016) y a pesar de que la estructura cerebral y sus funciones no dependen estrictamente entre sí, hay estudios que muestran que están muy relacionadas (Yasargil, 1996).

Para entender la estructura cerebral, es necesario tener un patrón para ubicar las diferentes áreas de la corteza. Por tal razón, es que este estudio pretende complementar información sobre la morfología cerebral estudiando los surcos y giros del neopalio de fetos de alpacas, ya que, si bien existen múltiples estudios del neopalio en fetos humanos, no hay evidencia de su estudio prenatal en camélidos. Además, contribuye a descripciones más completas del cerebro de la alpaca adulta.



## **II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Desarrollo del Sistema Nervioso**

#### **2.1.1 Formación de tubo neural**

Al pasar por la fase de división celular, el óvulo ya fecundado alcanza el útero, donde se desarrollará la cavidad conocida como blástula. Durante su desarrollo, el disco embrionario se vuelve trilaminar, distinguiéndose el ectodermo, endodermo y el mesodermo. La notocorda, un cordón de células mesodérmicas, se encuentra directamente debajo de la porción más dorsal del ectodermo (Parent, 1996). El ectodermo es inducido por la notocorda para formar neuroectodermo durante la neurulación. El neuroectodermo, a su vez, origina el tubo neural y las células de la cresta neural, a partir de los cuales se desarrolla el sistema nervioso central (Webster y de Wreede, 2012).

#### **2.1.2 Formación de vesículas**

El extremo caudal del tubo neural continúa alargándose y constituye la médula espinal. En el extremo craneal del tubo neural, se forman tres vesículas. Las vesículas constituyen el prosencéfalo (encéfalo anterior), el mesencéfalo (encéfalo medio) y el romboencéfalo (encéfalo posterior). A medida que estas vesículas crecen, se va doblando el tubo neural, y se convierten en cinco, al dividirse en dos el prosencéfalo y el rombencéfalo: a partir del prosencéfalo, se forman el telencéfalo y el diencefalo y, a partir del romboencéfalo, se originan el metencéfalo y el mielencéfalo (Webster y de Wreede, 2012).

Primary Division	Subdivisions	Major Derivates	Lumen
Prosencephalon	Telencephalon	Cerebral cortex Basal nuclei Limbic system	Lateral ventricle
	Diencephalon	Epithalamus Thalamus Hypothalamus	Third ventricle
Mesencephalon		Tectum (corpora quadrigemina) Tegmentum Cerebral peduncles	Cerebral aqueduct
Rhombencephalon	Metencephalon	Pons Cerebellum	Rostral part of fourth ventricle
	Myelencephalon	Medulla oblongata	Caudal part of fourth ventricle
Remainder of neural tube		Spinal cord	Central canal

Figura 1. Divisiones del tubo neural (Dyce et al., 2010)

## 2.1.3 Telencéfalo

El telencéfalo, también llamado cerebro, consta de dos mitades, los hemisferios. La sustancia gris, está situada, igual que en el cerebelo, como un manto exterior, palio (*Pallium*) o corteza cerebral. También existen regiones nucleares en la profundidad de los hemisferios, que se conoce como cuerpo estriado o ganglios basales (Konig, 2002).

### 2.1.3.1 Corteza cerebral

El manto exterior cerebral o corteza, se subdivide, según criterios filogenéticos, en paleopallium, archipallium y neopallium (Konig, 2002).

#### 2.1.4.1 Paleopalio

Se limita a la parte basal del cerebro; está separado del neopallium por el surco rinal en la superficie lateral, y del archipallium medialmente. Su extremo rostral está proporcionado por un apéndice: el bulbo olfatorio, que encaja en una cavidad del hueso etmoideo (Dyce et al, 2010).

#### 2.1.4.2 Arqueopalio

Se encuentra desplazado hacia la pared medial del hemisferio por el enorme desarrollo del neopalio. Una gran parte se enrolla hacia adentro para descansar en el piso del ventrículo lateral. Está dividido topográficamente por el cuerpo calloso en la parte dorsal y la porción flexionada conocida como hipocampo en la parte ventral. (Dyce et al, 2010)

### **2.1.4.3 Neopallio**

El neopallio constituye la mayor parte del telencéfalo: todo lo visible en la vista dorsal y el bulto que es visible en la vista lateral y medial de los dos hemisferios. Se divide del paleopallium por el surco rinal, en el lado lateral del hemisferio y del archipallium por el surco esplénico. (Dyce *et al.*, 2010).

#### **2.1.4.3.1 Surcos y circunvoluciones**

Acorde a la diferenciación de los hemisferios cerebrales en el feto, para maximizar el área de la superficie de la corteza, se da la formación de pliegues, los cuales se denominan circunvoluciones o giros y están separados por surcos. Algunos de estos surcos y circunvoluciones tienen una configuración relativamente constante entre individuos e indican la localización de áreas funcionales importantes, así como límites anatómicos. (König, 2005; McGeady *et al.*, 2006; Crossman y Neary, 2015). Sin embargo, algunas especies tienen determinadas características en cuanto a la forma y ubicación de estos giros y surcos:

##### **2.1.4.3.1.1 Alpaca**

En el caso de la alpaca adulta se han descrito los surcos y giros más definidos, entre ellos la Fisura lateral, la cual posee tres ramas: media, rostral y caudal. El surco ectosilviano el cual se consideró como continuación de la rama caudal de la Fisura lateral, aunque en algunos casos puede estar independiente. El surco suprasilviano se describió como profundo y prominente el cual corría desde el lóbulo occipital al lóbulo frontal en la cara dorsolateral del hemisferio. El surco diagonal se halló en frente de la rama rostral de la Fisura lateral uniéndose al extremo rostral del surco suprasilviano. El surco presilviano se ubicó en el lado ventrolateral del lóbulo frontal paralelo y dorsal a la parte final de la Fisura rinal. En el caso del surco central, se describió como prominente en la superficie dorsal y en frente del polo rostral. El surco ectosagital fue hallado en la superficie dorsal al surco suprasilviano, con el que se unió rostralmente. Y el surco sagital se ubicó detrás del surco central, corriendo paralelo y dorsal al surco ectosagital. (Delgado, 1967; Sato, 1970). El surco entosagital yació medial y paralelo al surco sagital en la cara dorsal del hemisferio de acuerdo con Sato (1970) pero Delgado (1967) lo identificó en la cara medial del hemisferio.

En el aspecto medial, el surco calloso-marginal (unión del surco esplenial, surco genual y calcarino) se encontró extenso y bien definido corriendo paralelamente al cuerpo calloso. (Delgado, 1967; Sato, 1970).

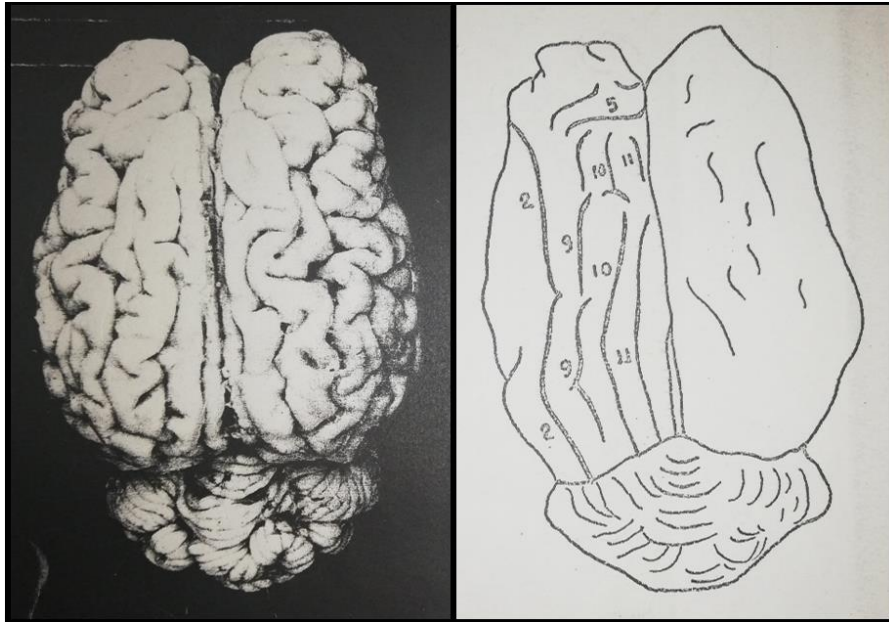


Figura 2. Vista dorsal del cerebro de alpaca adulta. 2. Surco suprasilviano; 5. Surco central; 9. Surco ectosagital; 10. Surco sagital; 11. Surco endosagital (Sato, 1970)

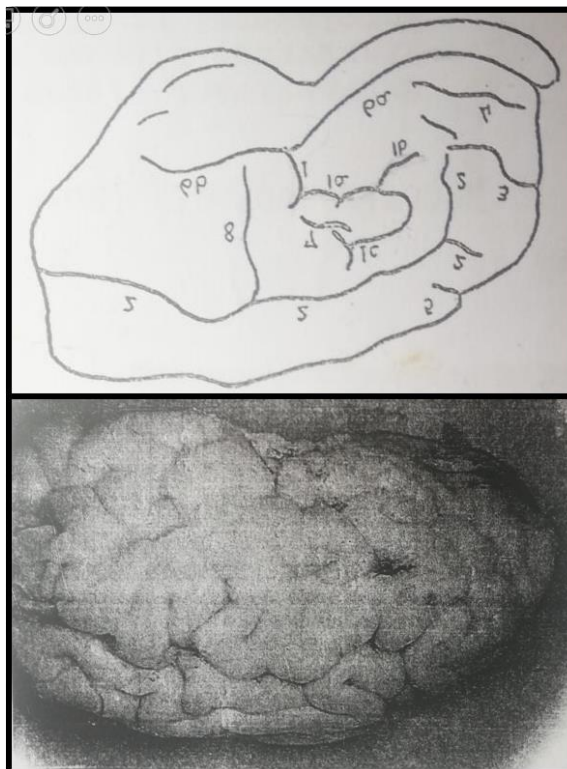


Figura 3. Vista lateral del cerebro de alpaca adulta. 1. Fisura lateral (FL); 1a. Rama media de la FL; 1b. R. rostral de la FL; 1c. R. caudal de la FL; 2. S. Suprasilviano; 3. S. diagonal; 4. S. Presilviano; 5. S. Central; 7. S. Ectosilviano (Sato, 1970)

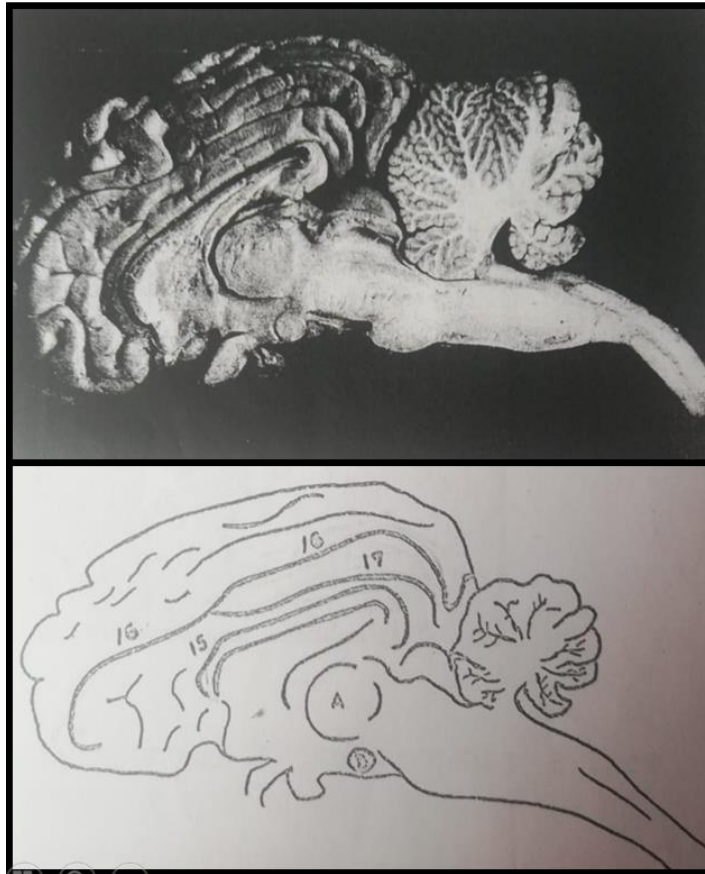


Figura 4. Vista medial del cerebro de la alpaca adulta. 16. Surco Calloso-Marginal (Sato, 1970)

#### 2.1.4.3.1.2 Camello

De acuerdo con un trabajo realizado en camellos adultos, la Fisura lateral, ubicada dorsal al lóbulo piriforme, estuvo profundamente marcada y poseía su rama anterior, media y posterior. El surco diagonal corrió paralelo al surco presilviano, en frente de la rama anterior de la Fisura lateral. En cuanto al surco central, este se ubicó caudal al surco coronal, con el cual se une, y sigue un trayecto dorsolateral. El surco suprasilviano tuvo un curso ondulado que comienza desde la superficie lateral del polo occipital. Y el surco sagital estuvo en el borde dorsomedial del hemisferio. Entre el surco sagital y el borde caudal del surco suprasilviano, se ubicó al surco ectosagital (Kanan, 1973).

En el aspecto medial del hemisferio, el surco calloso-marginal (Surco genual, surco esplenial y surco calcarino) presentó un recorrido tortuoso. Sobre el borde caudal del antiguamente llamado surco calloso marginal, se encuentra el surco supraesplenial y dorsal a este surco, se ubicó al surco entosagital (Kanan, 1973).

#### **2.1.4.3.1.3 Equino**

En el caso del equino, la Fisura lateral se encuentra en la cara lateral del hemisferio, dorsal al lóbulo piriforme. Es un surco vertical y tiene un trayecto corto que va en dirección caudodorsal (Barome y Bortolami 2004; Nickel et al., 2004). El surco presilviano se ubica en la parte rostroventral del hemisferio y se conecta a la porción rostral del surco rinal (Dexler, 1904). El surco coronal se ubica en la porción rostral del hemisferio y se considera próximo al borde del surco suprasilviano (Lang et al, 2018). El surco suprasilviano continúa el curso del surco coronal, y se extiende en toda la superficie laterodorsal del neopalio. El surco sagital se identifica en el borde dorsal en el lado dorsolateral del hemisferio y su parte final rostral a menudo se encuentra entre el tercio rostral y el tercio medio del neopalio. El surco ectosagital se ubica al lado lateral del surco sagital, mientras que el surco endosagital se ubica a medial del surco sagital (Lang et al, 2018). El surco diagonal se encuentra entre la Fisura lateral y el surco presilviano. En ocasiones puede ser marcadamente bifurcado (Nickel et al., 2004). El surco central es muy corto y es mejor visible en el lado medial del hemisferio. Está completamente ausente en el 20% de los equinos que estudió Dexler (1904).

La unión del surco gencial, surco esplénico y surco calcario es lo más característico y largo en la superficie medial del cerebro del caballo, y se encuentra aproximadamente a medio camino entre el cuerpo calloso y el borde dorsal del neopalio (Bradley, 1899).

#### **2.1.4.3.1.4 Bovino**

En cuanto al orden cronológico de la aparición de surcos y circunvoluciones, Louw (1989) trabajó con fetos de bovinos, y el orden de la aparición de estos fue el siguiente:

Primer tercio de gestación: A partir del día 58 (1.9 meses) aparece una hendidura en el lado lateral, que corresponde con la Fisura lateral. Para el día 68 (2.2 meses) apareció en la superficie lateral el surco suprasilviano. En el día 90 (3 meses) se forman el surco esplénico y el surco gencial en la cara medial del hemisferio.

Segundo tercio de gestación: En el día 110 (3.6 meses) se forma el surco ectosilviano, el surco sagital y el surco presilviano. Además, el surco gencial y el surco esplénico se unieron para formar un solo surco en el lado medial. En el día 130 (4.3 meses) en el lado dorsal, aparecieron el surco coronal, el surco central y el surco endosagital. En el día 160 (5.3 meses) aparece el surco ectosagital.

#### **2.1.4.3.1.5 Caprino**

En el caso de la cabra, Lucy (2005) describió

Segundo tercio de gestación: Para el día 69 (2.3 meses) una depresión triangular entre el tercio rostral y medial de la superficie lateral, que correspondió con la Fisura lateral. Otra impresión apareció en la superficie dorsolateral y correspondió con el surco suprasilviano. En el día 76 (2.5 meses) aparecieron el surco coronal y el surco sagital. El surco coronal apareció como una impresión lineal paralela a la fisura longitudinal. Y el surco sagital se desarrolló en el lado caudodorsal del hemisferio. Para el día 83 (2.7 meses) el surco central apareció dividiendo el lóbulo frontal del parietal, y el surco suprasilviano se extendió desde el extremo occipital al extremo rostral. En el día 93 (3.1 meses) se describió al surco endosagital, medial al surco sagital.

Tercer tercio de gestación: A los 101 días, el surco sagital se alargó. En el día 110, empezaron a notarse el surco diagonal, el surco presilviano y el surco ectosilviano. En el día 124, el surco suprasilviano (medio, rostral y caudal) se hizo más prominente y profundo.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Lugar de estudio**

Este estudio se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Anatomía Animal y Fauna Silvestre en la Facultad de Medicina Veterinaria de la UNMSM.

#### **3.2 Número de animales muestreados**

Se utilizaron 15 fetos de alpaca de distintas edades gestacionales, obtenidos de animales beneficiados en el Camal Municipal de Huancavelica, ubicado en el distrito de Huancavelica, provincia de Huancavelica, región de Huancavelica, situado a una altitud de 3 660 msnm.

#### **3.3 Materiales**

##### **3.3.1 Equipo e instrumental**

- Guantes de látex (Talla S)
- Equipo de disección básico
- Hojas de bisturí N° 21
- Jeringas de 1 ml
- Bandejas de plástico
- Recipientes con tapa rosca
- Formaldehído al 10%
- Regla
- Papel Bond A4
- Lápiz



### 3.4 Metodología

En este estudio se utilizaron fetos preservados en formaldehído al 10%, obtenidos de viajes previos realizados por el Laboratorio de Anatomía Animal y Fauna Silvestre, para otros proyectos de investigación del Laboratorio. De estos fetos, se seleccionaron especímenes de cada mes de gestación utilizando los registros.

Dentro de las instalaciones del Laboratorio, ya seleccionados los fetos, se procedió a la infiltración de los cerebros. Para ello, se utilizaron jeringas de 1 ml y 3 ml, con agujas 25G x 5/8'', cargadas con formaldehído al 10%. La cantidad de formaldehído infiltrado fue de 1 ml para los fetos de tres y cuatro meses, 1.5 ml para cinco y seis meses, 2 ml para siete y ocho meses 2.5 ml para nueve y diez meses. Estas cantidades fueron distribuidas en partes iguales en dos puntos de inyección: En la unión fronto-parietal y en la unión naso-frontal del cráneo.

Una vez infiltrados, se guardaron los fetos en recipientes con formaldehído al 10% durante 30 días para su posterior disección.

Para la disección, se utilizaron hojas de bisturí y pinzas diente ratón, con las cuales se procedió a cortar la piel del cráneo y retirarla, respectivamente. Expuestas las estructuras óseas en formación, con ayuda de las pinzas, se perforaron delicadamente para no dañar al cerebro.

Para retirar las meninges, se hizo una incisión a nivel de la tienda del cerebelo, y luego se retiraron con las pinzas ratón, dejando el cerebro expuesto.

Se tomaron fotografías *in situ* y *ex situ*, donde quedaron registradas vistas dorsales, laterales, rostrales, caudales y mediales de cada uno de los cerebros.

Después de esto, cada cerebro fue guardado en un recipiente con formaldehído al 10% para su conservación y posterior estudio de ser necesario.

Finalmente, para facilitar la descripción de los surcos y giros cerebrales se usaron las fotografías de los cerebros de mayor a menor días de gestación, y para nombra cada uno de estos se utilizó la Nomenclatura Anatómica Veterinaria (WAVA, 2017).



*Figura 5. Infiltración del cerebro con formaldehído al 10% en la unión de los huesos frontal-parietal*

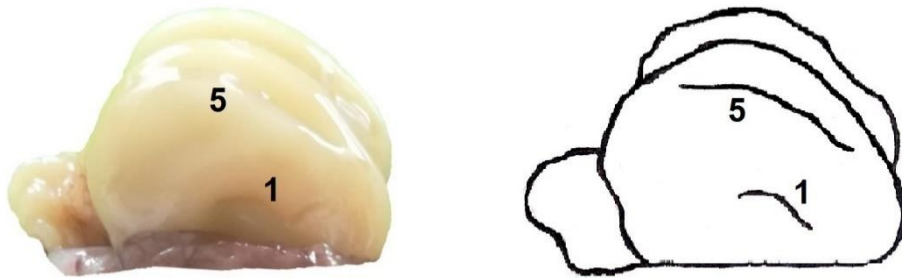
#### **IV. RESULTADOS**

El neopalio de los fetos de alpaca presentó en su superficie surcos y giros en desarrollo, es decir la aparición, profundización y extensión de estos durante las distintas edades fetales, mostrando un patrón común con otras especies. Además, se evidenció una asimetría entre hemisferios del mismo individuo, ya sea por el largo del recorrido de un surco o giro, por la forma, o por la ubicación exacta de éstos. Para su descripción solo se tomaron en cuenta los surcos y giros más relevantes dentro de la literatura anatómica veterinaria.

#### 4.1 Fisuras y surcos

<b>Fisuras y surcos</b>	<b>Giros</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>1. Fisura Lateral<ul style="list-style-type: none"><li>1a. Rama media</li><li>1b. Rama caudal</li><li>1c. Rama rostral</li></ul></li><li>2. Surco Ectosilviano caudal</li><li>3. Surco Diagonal</li><li>4. Surco Presilviano</li><li>5. Surco Suprasilviano rostral, medio y caudal</li><li>6. Surco Sagital</li><li>7. Surco Ectosagital</li><li>8. Surco Endosagital</li><li>9. Surco Coronal</li><li>10. Surco Central</li><li>11. Surco Esplénico, Surco Genuo y Surco Calcarino</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>A. Giro Silviano rostral</li><li>B. Giro Silviano caudal</li><li>C. Giro Ectosilviano medio</li><li>D. Giro Ectosilviano caudal</li><li>E. Giro Ectosagital medio<ul style="list-style-type: none"><li>pl: parte lateral</li><li>pm: parte media</li></ul></li><li>F. Giro Sagital</li><li>G. Giro Postcentral</li><li>H. Giro Precentral</li><li>I. Giro Cingulado</li></ul>

## SUPERFICIE LATERAL



*Figura 6. Vista lateral derecha del cerebro de feto de alpaca de 3.57 meses*



*Figura 7. Vista lateral derecha del cerebro de feto de alpaca de 4.27 meses*



*Figura 8. Vista lateral derecha de cerebro de feto de alpaca de 4.81 meses*

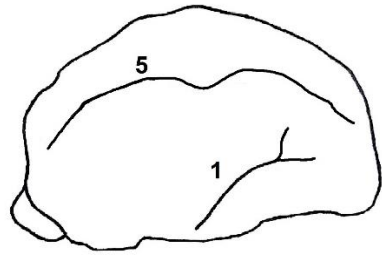


Figura 9. Vista lateral derecha del cerebro de feto de alpaca de 5.64 meses

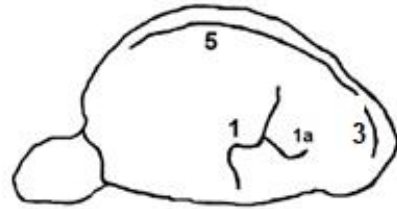


Figura 10. Vista lateral derecha del cerebro de feto de alpaca de 6.21 meses

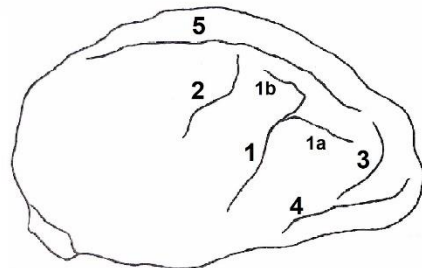
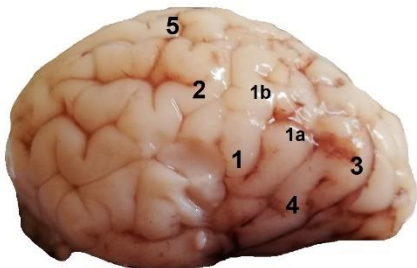
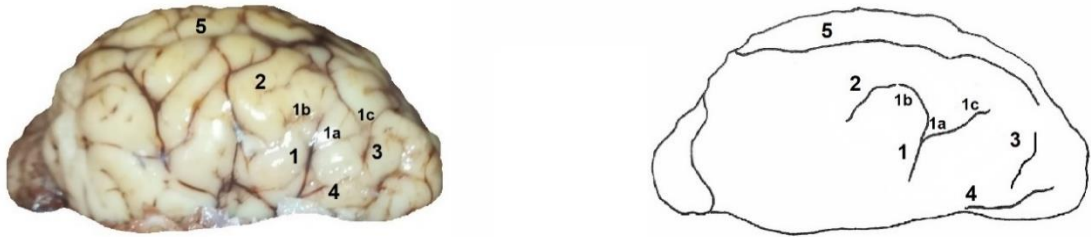


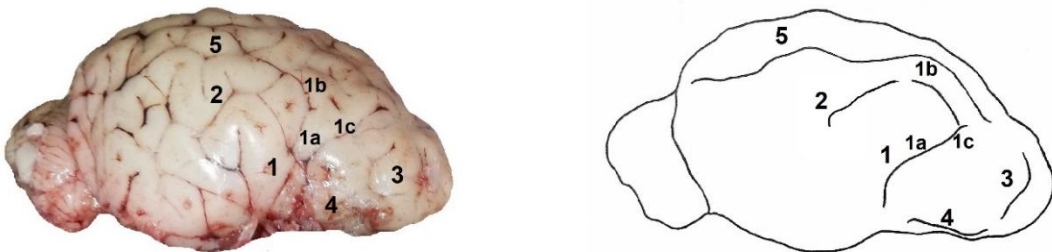
Figura 11. Vista lateral derecha del cerebro de feto de alpaca 7.68 meses



*Figura 12. Vista lateral derecha del cerebro del feto de alpaca de 8.98 meses*



*Figura 13. Vista lateral derecha del cerebro de feto de alpaca 9.21 meses*



*Figura 14. Vista lateral derecha del cerebro de feto de alpaca 10.78 meses*

#### **4.1.1 Fisura Lateral (Fisura de Silvio)**

Un esbozo de este surco se observa en el día 101 (3.3 meses) ubicado en la cara ventrolateral del hemisferio. En el día 128 (4.2 meses) esta fisura se ubicó en la cara lateral del hemisferio, de forma muy pronunciada y sin ramas. En el día 186 (6.2 meses) se observa su rama media, de la cual se observan otras ramas muy pequeñas. Ya en el día 227 (7.5 meses) se observan las tres ramas características de esta fisura: La rama media, la rama rostral y la rama caudal.

La rama media se extendió desde la Fisura lateral hacia rostral paralela al surco rinal. La rama rostral apareció como la continuación de la rama media, y también corrió paralela al surco rinal. La rama caudal se extiende de forma vertical extendiéndose desde la fisura lateral teniendo un trayecto corto. En el día 249 (8.3 meses) la rama caudal se pronuncia más y se inclina hacia caudal. Para el día 323 (10.7 meses) la fisura lateral y sus ramas mantienen la misma forma y se encuentran más profundas.

#### **4.1.2 Surco Ectosilviano Caudal**

En el día 227 (7.5 meses) aparece el surco ectosilviano caudal, el cual está de forma independiente, detrás de la rama caudal de la Fisura lateral. En el día 269 (8.9 meses) esta rama se encontró unida a la rama caudal de la Fisura lateral.

#### **4.1.3 Surco Diagonal**

En el día 206 (6.8 meses), se encontró en frente de la rama media de la Fisura lateral, extendiéndose oblicuamente hacia la cara dorsal. Para el día 230 (7.6 meses) este surco casi se unió con el extremo rostral del surco suprasilviano.

#### **4.1.4 Surco Presilviano**

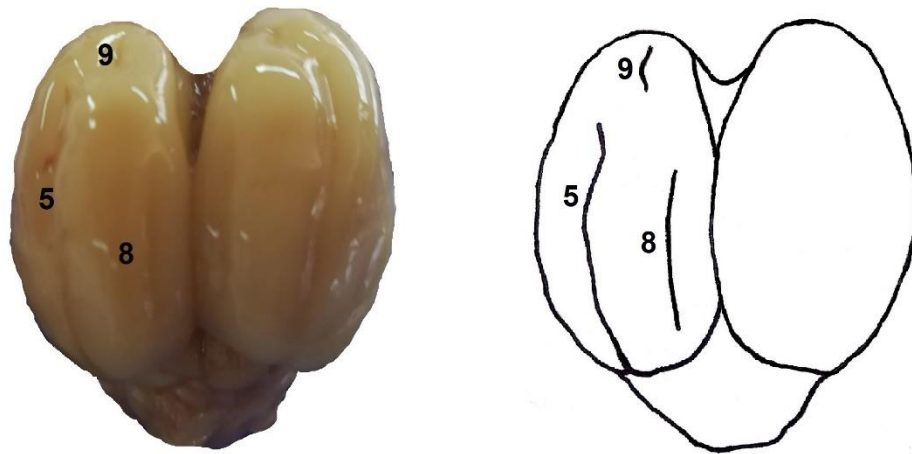
En el día 128 (4.27 meses), se observó este surco en la cara lateroventral del extremo rostral del hemisferio, dorsal al surco rinal.

#### **4.1.5 Surco Suprasilviano Rostral, Medio y Caudal**

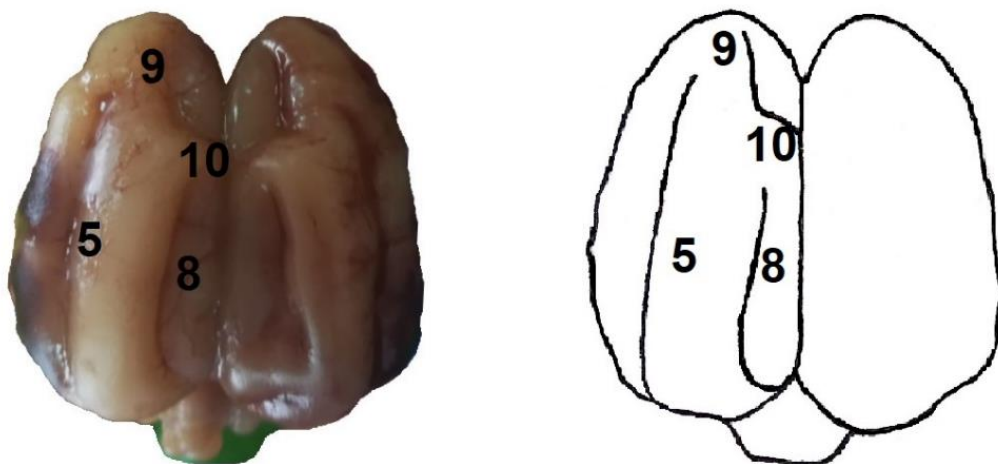
En el día 101 (3.38 meses) se observó una hendidura en el borde dorsal de la cara lateral del hemisferio, con dirección caudorostral. En el día 128 (4.2 meses) este surco se extendió hacia rostral adaptando una forma rectilínea. En el día 152 (5 meses) este surco está mucho más profundo y empieza a tener un curso ligeramente ondeado. En el día 186 (6.2 meses) ya tiene un trayecto marcadamente ondeado desde su extremo occipital hasta el extremo frontal.



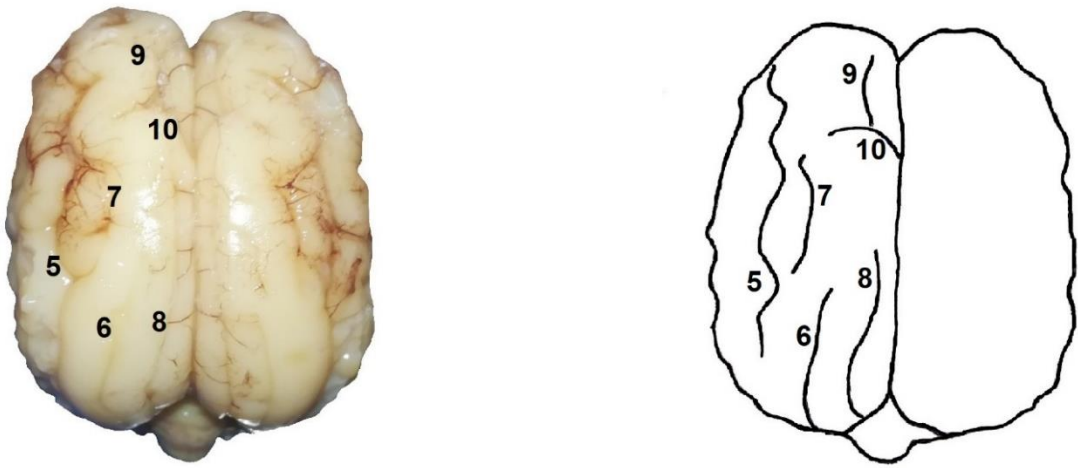
**SUPERFICIE DORSAL**



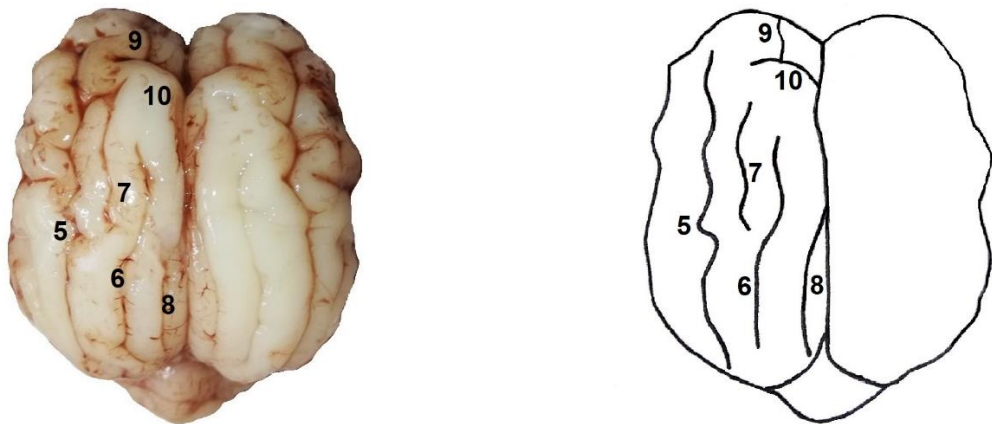
*Figura 15. Vista dorsal de cerebro de 3.38 meses*



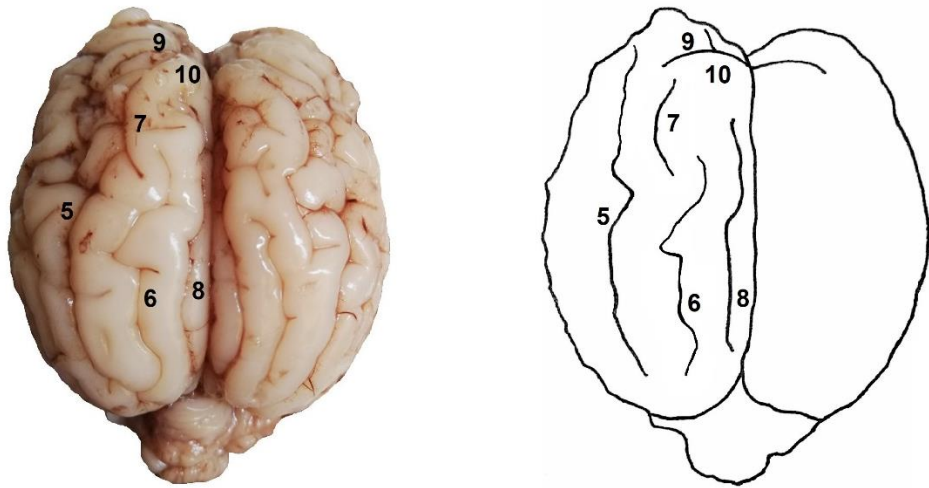
*Figura 16. Vista dorsal del cerebro de 4.81 meses*



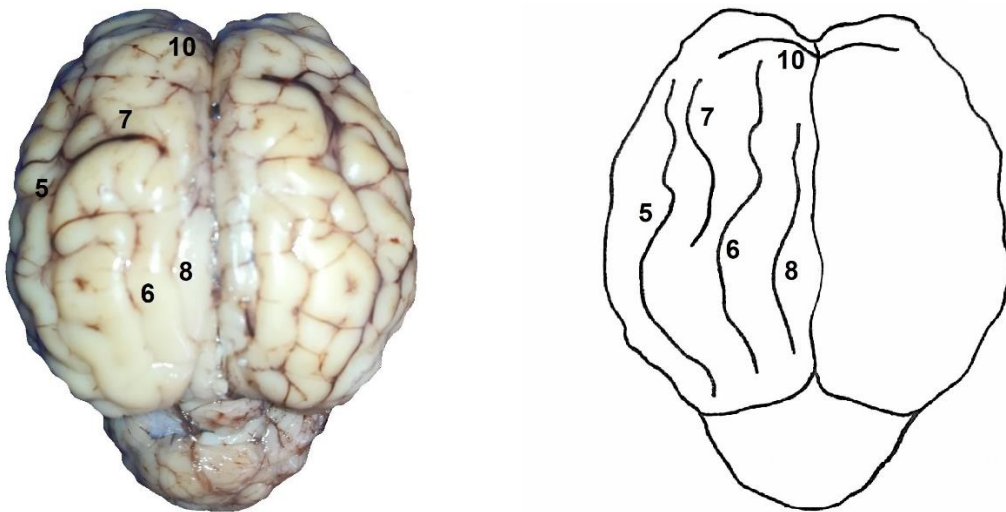
*Figura 17. Vista dorsal de cerebro de 5.64 meses*



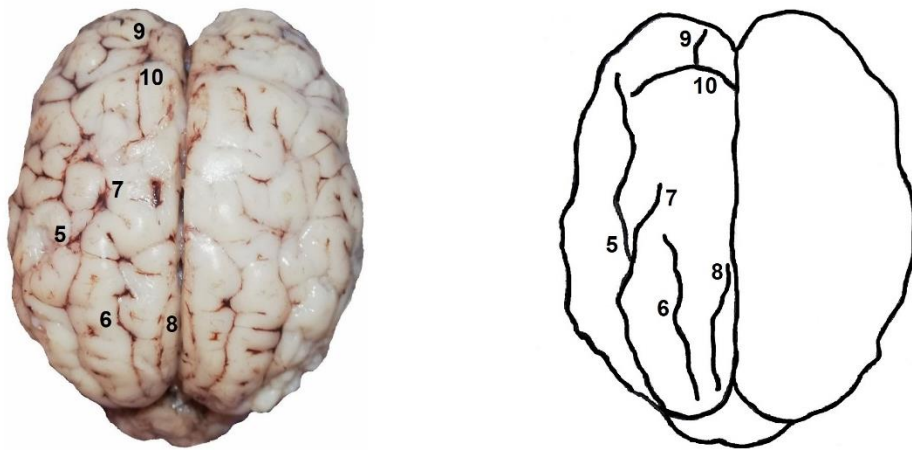
*Figura 18. Vista dorsal de cerebro de 6.89 meses*



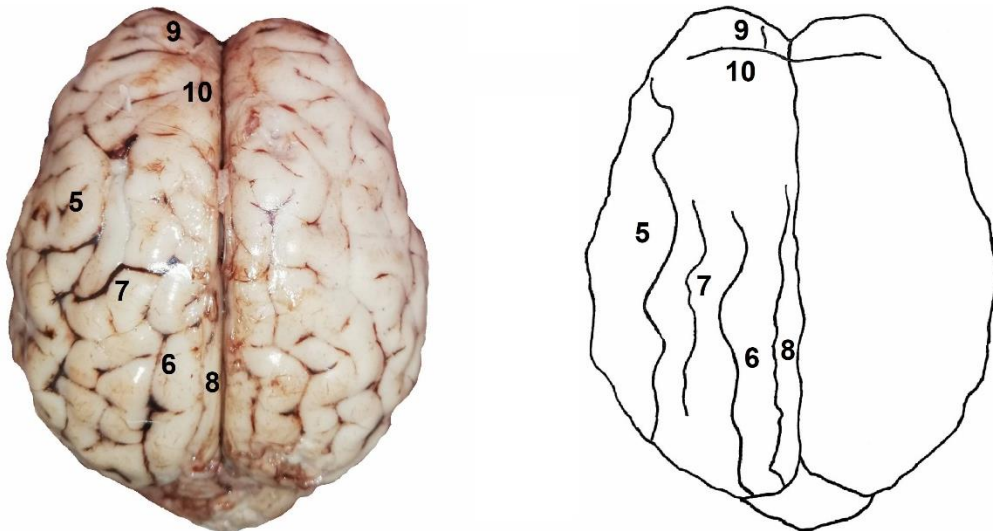
*Figura 19. Vista dorsal de cerebro 7.68 meses*



*Figura 20. Vista dorsal de cerebro de 8.98 meses*



*Figura 21. Vista dorsal de cerebro de 9.21 meses*



*Figura 22. Vista dorsal de cerebro de 10.78 meses*

#### **4.1.6 Surco Sagital**

En el día 152 (5.0 meses) se observa este surco como una hendidura paralela al surco endosagital, pero en el lado caudodorsal del hemisferio. Para el día 230 (7.6 meses) este surco se encuentra mucho más profundo y ondeado, extendiéndose en dirección rostral hacia el surco central.

#### **4.1.7 Surco Ectosagital**

En el día 152 (5 meses) se observó un esbozo de este surco, ubicado de forma paralela para el lado lateral del surco sagital. Este surco se pronunció más para el día 169 (5.6 meses). En el día 186 (6.2 meses) el surco está mucho más definido y sigue un curso rectilíneo.

#### **4.1.8 Surco Endosagital**

En el día 101 (3.3 meses) se encontró como una hendidura corta en la cara dorsal muy cerca al extremo medial, y de curso paralelo a la Fisura longitudinal. En el día 152 (5 meses) está ubicado medial y de forma paralela al s. sagital. En el día 186 (6.2 meses) este surco está mucho más definido y su curso está extendido hasta la mitad del hemisferio. En el día 230 (7.6 meses) este surco se hace más profundo y se extiende hasta detrás del surco central.

#### **4.1.9 Surco Coronal**

En el día 101 (3.3 meses) se identificó una depresión en el lado dorso-rostral del hemisferio que correspondería al futuro surco coronal, con un curso paralelo a la Fisura longitudinal. En el día 128 (4.2 meses) este surco está más definido y profundo.

#### **4.1.10 Surco Central**

Se evidenció el surco central en el día 144 (4.8 meses), sobre la cara dorsal del tercio rostral del hemisferio, siguiendo un curso dorsolateral. En el día 169 (5.6 meses) este surco se extendió hasta la cara medial del hemisferio. En el día 186 (6.2 meses) este surco se observa claramente unido al surco coronal. Para el día 323 (10.7 meses) este surco es profundo y ondulando, además separó el lóbulo frontal del lóbulo parietal.

## SUPERFICIE MEDIAL



*Figura 23. Vista medial del hemisferio cerebral derecho de 3.57 meses*



*Figura 24. Vista medial del hemisferio cerebral derecho de 5.64 meses*



*Figura 25. Vista medial del hemisferio cerebral derecho de 7.58 meses*



*Figura 26. Vista medial del hemisferio cerebral derecho de 10.78 meses*

#### **4.1.11 Surco Esplénico, Surco Genuo y Surco Calcarino**

Estos tres surcos presentan un curso continuo con dirección rostrocaudal, y se evidencian en el día 101.47 (3.3 meses). En el caso del surco esplénico, este se ubica sobre la formación del cuerpo calloso. El surco genuo es su continuación rostral mientras que el surco calcarino es su continuación caudal. La unión que forman estos tres surcos se observó de extremo a extremo, y se hizo más profunda conservando su misma ubicación hasta el día 323 (10.7 meses)

## 4.2 GIROS O CIRCUNVOLUCIONES

Los giros se manifestaron con claridad a partir del día 152 (5 meses), a excepción del giro cingular el cual se observa desde el día 101 (3.3 meses), ya que recién desde este día los surcos se vieron más profundos. Por tal motivo, se les describió de la siguiente manera:

### SUPERFICIE LATERAL

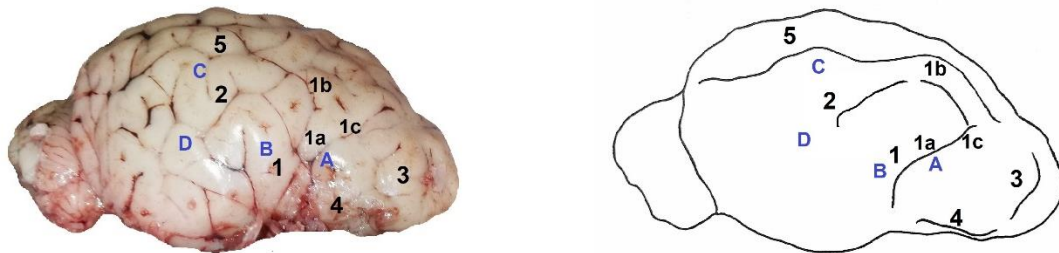


Figura 27. Vista lateral derecha del cerebro de 10.78 meses

#### 4.2.1 Giro Silviano Rostral

En el día 152 (5 meses) se observó este giro rostral a la Fisura Lateral. En el día 206 (6.8 meses) se extiende alargándose hacia dorsal. En el día 269 (8.9 meses) es atravesado por la rama rostral de la Fisura Lateral, lo que redujo su tamaño a la mitad.

#### 4.2.2 Giro Silviano Caudal

En el día 152 (5 meses) se observó este giro caudal a la Fisura Lateral. En el día 269 (8.9 meses) se observa más ancho. En el día 323 (10.7 meses) se observó encorvado en dirección caudal.

#### 4.2.3 Giro Ectosilviano medio

En el día 206 (6.8 meses) se observó este giro incipiente ventral a la porción media del Surco Suprasilviano. Pero en el día 230 (7.6 meses) se agrandó tomando forma de “u”. A los 323 días (10.7 meses) este surco está más prominente.

#### 4.2.4 Giro Ectosilviano caudal

En el día 206 (6.8 meses) se observó como un pequeño abultamiento ventral al Giro Ectosilviano Medio. Se halló de forma más alargada para el día 230 (siete meses). En el día 276 (9.2 meses) se encontró claramente caudal al Surco Ectosilviano Caudal y se vio más grande.



## SUPERFICIE DORSAL

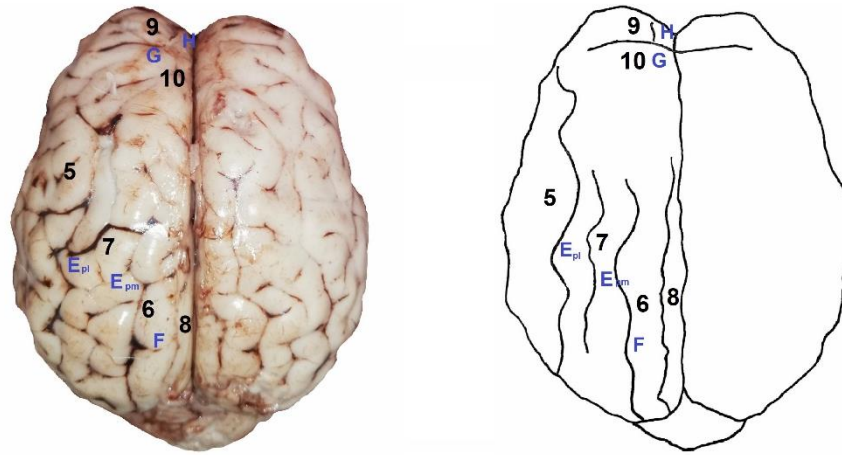


Figura 28. Vista dorsal del cerebro de 10.78 meses

### 4.2.5 Giro Ectosagital Medio

En el día 206 (6.8 meses) la parte lateral de este giro se encontró ubicada al lado lateral del Surco Ectosagital y la parte medial se halló ubicada al lado medial del mismo surco. En el día 230 (7.6 meses), la parte lateral se encontró atravesada por una rama proveniente del Surco Suprasilviano. En los especímenes de los meses siguientes, no se volvió a ver esta rama que cruzaba el giro. En el día 323 (10.7 meses) se observan tanto la parte lateral como la parte medial del giro, más anchas.

### 4.2.6 Giro Sagital

En el día 169 (5.6 meses) se encontró este giro incipiente entre el esbozo del Surco Sagital y el Surco Endosagital. En el día 186 (6.2 meses) estuvo mucho más pronunciado. A los 249 días (8.3 meses) se halló más extendido de largo. En el día 323 (10.7 meses), un par de ramas del Surco Sagital cruzan una parte de este giro a lo ancho.

### 4.2.7 Giro Postcentral

En el día 169 (5.6 meses) se observa un indicio de este giro, ubicado caudal al Surco Central. Pero en el día 206 (6.8 meses) este giro destacó más. A los 230 días (7.6 meses) este giro se observó más ancho.

### 4.2.8 Giro Precentral

En el día 169 (5.6 meses) se observó un indicio de este giro, ubicado rostral al Surco Central. En el día 206 (6.8 meses) este giro está más pronunciado.

## SUPERFICIE MEDIAL



*Figura 29. Vista medial del hemisferio cerebral derecho de 10.78 meses*

### **4.2.9 Giro Cingulado**

Este giro incipiente se evidenció en el día 101 (3.3 meses) ya que la unión de los surcos esplenial, genual y calcarino ya era notoria. Este giro se ubicó ventral a estos surcos, y abarca de extremo a extremo la cara medial del hemisferio.

Tabla 1. Cronología de los surcos y giros cerebrales en los fetos de alpaca

Edad Gestacional		Fisuras y surcos	Giros
Día	Mes		
101.47	3.3	F. Lateral S. Suprasilviano S. Endosagital S. Coronal S. Esplénial, S. Genual, S. Calcarino	G. cingulado
107.09	3.5		
128.15	4.2	S. Presilviano	
144.26	4.8	S. Central	
152.01	5	S. Sagital S. Ectosagital,	G. Silviano Rostral, G. Silviano Caudal
169.25	5.6		G. Sagital G. Poscentral G. Precentral
186.53	6.2		
206.93	6.8	S. Diagonal	G. Ectosilviano Medio, G. Ectosilviano Caudal, G. Ectosagital Medio
227.53	7.5	S. Ectosilviano	
230.55	7.6		
249	8.3		
269.4	8.9		
275.52	9.1		
276.32	9.2		
323.5	10.7		

## V. DISCUSIÓN

El neopalio, durante la etapa prenatal de la alpaca, presenta un proceso de plegamiento en su superficie, que corresponde a la manifestación y al desarrollo progresivo de los surcos y giros cerebrales a lo largo de la gestación, tal y como ocurre en el caso de los humanos (Carlson, 2014) y en los animales domésticos (McGeady *et al.*, 2016). En este estudio también se observó que los surcos fueron los primeros en evidenciarse para posteriormente profundizarse y así delimitar a los giros, hecho similar al descrito en humanos (Mangin *et al.*, 2015). Además, también se vio una asimetría de surcos y giros entre hemisferios, cualidad que también se ha visto en humanos (Chi *et al.*, 1977; Yasargil, 1996).

En el día 101 de la gestación, se encontró un atisbo de la **Fisura lateral**, que en este caso no se pudo determinar si fue el primer surco en aparecer, según lo fue en otras especies donde evaluaron los cerebros desde que eran lisencéfalicos como en el caso del equino (Anthony, 1930); del bovino (Louw, 1989) y del caprino (Lucy, 2005); ya que en esta etapa, junto a la Fisura lateral se encontraron al paralelo surcos incipientes, correspondientes con los surcos suprasilviano, endosagital, coronal, esplénico, genual y calcarino. Sin embargo, se encuentra en el primer tercio de gestación al igual que el bovino y caprino (Louw, 1989; Lucy, 2005). Esta fisura se hizo más profunda y presentó en el día 227 la rama media, con un curso horizontal y dirección rostral; la rama rostral, como continuación de la rama media; y la rama caudal con dirección caudal, tal cual se describen en alpacas adultas (Delgado, 1967; Sato 1970).

El **surco suprasilviano**, al igual que la Fisura lateral, es de los primeros surcos en aparecer, como en el caso de las especies anteriormente mencionadas. Está dentro del primer tercio de gestación de la alpaca y el bovino (Louw, 1989), pero difiere del caprino donde aparece en el segundo tercio de gestación (Lucy, 2005). A partir del día 152, este surco se observó más

acentuado y con un recorrido tortuoso, característica que se observa en el camélido adulto (Sato, 1970; Kanan, 1973) y también en el equino (Schaller, 2007)

En el caso del **surco endosagital y surco coronal**, estos se evidenciaron en el primer tercio de gestación de la alpaca, lo que difiere con lo hallado en el caso del caprino (Lucy, 2005) y del bovino (Louw, 1989) cuyos estudios mostraron que estos surcos se desarrollaron en el segundo tercio de gestación. Respecto al surco endosagital, hasta lo observado en el día 323, este se ubicó en el borde medial de la cara dorsal del hemisferio, hecho que corresponde a lo descrito en alpacas adultas por Sato (1970), pero que difiere con Delgado (1969) quien describe a este surco en la cara medial del hemisferio. El surco coronal se identificó en el extremo rostral del hemisferio, uniéndose al surco central tal y como se ve en el camello adulto (Kanan, 1973).

Los **surcos esplenial, genual y calcarino** se encontraron unidos formando un solo surco en el plano medial del hemisferio desde el día 101, correspondiendo con el primer tercio de gestación; sin embargo, en el caso del equino (Anthony, 1930) describen a estos tres surcos unidos recién el final de la gestación. En el caso del bovino, mencionan a los surcos esplenial y genual en el primer tercio, pero el surco calcarino aparece recién en el segundo tercio (Louw, 1989).

El **surco presilviano** se encontró en la cara lateroventral del hemisferio, dorsal y paralelo al extremo rostral del surco rinal tal y como fue descrito por Sato (1970) en la alpaca adulta. Se identificó desde el día 128, dentro del segundo tercio de gestación tal como el bovino (Louw, 1989) a diferencia del caprino quien lo presenta a partir del tercer tercio de gestación (Lucy, 2005).

El **surco central** se evidenció en el segundo tercio de gestación, como se da en el caso del bovino (Louw 1989) y de la cabra (Lucy, 2005). Su apariencia es la de un surco prominente, que siguió un curso dorsolateral inicialmente, para luego expandirse hacia la cara medial. Además, se encontró unido al surco coronal. Esta última característica concuerda con lo reportado por Kanan (1973) en el camello adulto.

En la cara dorsal, el **surco sagital y el surco ectosagital** se encontraron juntos en el día 152. El desarrollo de estos dos surcos al paralelo se observó también en el caso del equino (Anthony, 1930). El surco sagital se observó en el segundo tercio de la gestación lo cual también se vio en el mismo periodo en el bovino (Louw, 1989) y en la cabra (Lucy, 2005). Además, en el día 323 este surco era ondeado, lo cual difería con lo descrito por Sato (1970), quien describió a este surco como rectilíneo. El surco ectosagital siguió un curso dorsal al

surco suprasilviano, con el que se vio unido en su extremo rostral en el día 323, singularidad que se describió en la alpaca adulta (Sato, 1970).

El **surco diagonal** se observó en el día 206, es decir, en el segundo tercio de gestación, a diferencia del caprino, el cual manifiesta este surco en el tercer tercio (Lucy, 2005). Sigue un recorrido dorsorostral, delante de la rama media de la Fisura lateral, y en el día 230 casi se unió con el extremo rostral del surco suprasilviano, a diferencia de como se ve en la alpaca adulta (Sato, 1970) y en el camello adulto (Kanan, 1973). Sin embargo, esta unión podría manifestarse más adelante conforme siga desarrollándose el cerebro.

El **surco ectosilviano caudal** se observó en el día 230, es decir, en el segundo tercio de gestación al igual que en el bovino (Louw, 1989) pero diferente al caprino el cual evidenció este surco en su tercer tercio de gestación (Lucy, 2005). Este surco se encontró inicialmente de forma independiente, y en el día 323 se vio unido a la rama caudal de la Fisura lateral. Esto describe Sato (1970), pero también menciona que puede encontrarse en algunos casos de forma independiente.

Los giros se describieron a partir del quinto mes, ya que fue en esta etapa donde los surcos se hicieron más profundos, y por ende los giros destacaron. Estos llevan en su mayoría los nombres de los surcos adyacentes, y se identificaron y nombraron en este estudio con ayuda de la Nómina Anatómica Veterinaria Ilustrada (Schaller, 2007). Sus características no se han comparado con la de otras especies pues las descripciones morfológicas que se han hecho en otras revisiones generalmente se centran en los surcos ya que estos son geoméricamente más definidos. Además, la mayoría de los giros están delimitados por dos surcos paralelos, pero su configuración se puede ver alterada si hay interrupción por algún surco (Mangin *et al.*, 2015).

## **VI. CONCLUSIONES**

En el neopalio de los fetos de alpaca, con edades gestacionales desde los 101 a 323 días se identificó:

1. Un proceso de plegamiento cortical desde el primer tercio de gestación.
2. Los surcos y giros estudiados comparten en su mayoría características con otras especies de ungulados.
3. La disposición de los surcos y giros es asimétrica entre hemisferios del mismo individuo.
4. La presencia del surco coronal en el día 101 (3.38 meses)
5. Según los tercios de gestación, la alpaca presenta un orden cronológico de surcos muy parecido al del bovino.
6. La unión de los surcos esplenial, genual y calcarino se ve desde el primer tercio de gestación, a diferencia del equino y bovino.
7. A partir del día 227 (7.5 meses) se observa el patrón adulto de los surcos y giros en la alpaca.

## VII. LITERATURA CITADA

1. **Anthony R, Grzybowski, J. 1930.** Le neopallium des equidés: étude du développement et de ses plissements. Jour. Anat., vol. 64, p. 147-169
2. **Barone R, Bortolami R. 2004.** Anatomie comparée des mammifères domestiques: Tome 6, Neurologie I, Système nerveux central. Vigot Frères éditeurs. France. 652 pp.
3. **Bradley O. 1899.** The convolutions of the cerebrum of the horse. Journal of Anatomy and Physiology, 33, 215–227.
4. **Carlson BM. 2014.** Embriología humana y biología del desarrollo. 5ª edición. Elsevier. España. 595p.
5. **Crossman A, Neary D. 2015.** Neuroanatomía: texto y atlas a color. 5ª edición. Elsevier. España. 184p.
6. **Delgado J. 1967.** Anatomía del cerebro de la alpaca. Facultad de Medicina. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Perú. 13p.
7. **Dexler H. 1904.** Beiträge zur Kenntnis des feineren Baues des Zentralnervensystems der Ungulaten. Gegenbaurs Morphologisches Jahrbuch, 32, 288–389.
8. **Dyce K, Sack W, Wensing C. 2010.** Anatomía Veterinaria. Editorial El Manual Moderno. 3ª edición. México. 834p.
9. **Fowler M. 2010.** Medicine and surgery of camelids. 3<sup>rd</sup> ed. Wiley-Blackwell. Singapore. 499 pp.
10. **Hall J. 2016.** Guyton y Hall. Tratado de fisiología médica. 13ª ed. Elsevier. España. 1168p.
11. **International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature. 2017.** Nomina Anatomica Veterinaria. 6<sup>th</sup> edition. Editorial Committee. 160p



12. **Kanan C. 1973.** The external configuration of the cerebral hemispheres of the camel. *Acta anal.* 85: 145-152.
13. **Köning HE, Liebich HG. 2004.** Veterinary anatomy of domestic mammals. 3rd ed. Stuttgart: Schattauer GmbH. 681p.
14. **Louw GJ. 1989.** The development of the sulci and gyri of the bovine cerebral hemispheres. *Anat. Histol. Embryol.* 18: 246-264
15. **Lucy KM. 2005.** Prenatal development of brain in goats (*Capra hircus*). Thesis of Doctor of Philosophy in Veterinary Anatomy. Kerala: Kerala Agricultural University. 391 p.
16. **Mangin JF, Auzias G, Coulon O, Sun ZY, Rivière D, Régis J. 2015.** Sulci as landmarks. *Brain Mapping: An Encyclopedic Reference*, vol. 2, pp. 45-52
17. **McGeedy TA, Quinn PJ, FitzPatrick ES, Ryan MT. 2006.** Veterinary Embryology. Blackwell Publishing. United Kingdom. 392p.
18. **Nickel R, Schummer, A, Seiferle, E. 2004.** Lehrbuch der Anatomie der Haussäugetiere, Bd. IV: Nervensystem, Sinnesorgane, Endokrine Drüsen. Cuarta edición. Editorial Parey. Germany. 644p.
19. **Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y Alimentación. 2005.** Situación actual de los camélidos sudamericanos en el Perú. Proyecto de Cooperación Técnica en apoyo de la crianza y aprovechamiento de los Camélidos Sudamericanos en la Región Andina TCP/RLA/2914. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). [Internet], [18 diciembre 2018]. Disponible en: [https://tarwi.lamolina.edu.pe/~emellisho/zootecnia\\_archivos/situacion%20alpcas%20peru.pdf](https://tarwi.lamolina.edu.pe/~emellisho/zootecnia_archivos/situacion%20alpcas%20peru.pdf)
20. **Parent A. 1996.** Carpenter's Human Neuroanatomy. Editorial Williams & Wilkins. 9<sup>th</sup> edición. Canadá. 1011p.
21. **Sato A, Mc Farland L. 1970.** Descriptive anatomical study of the cerebral hemispheres of the alpaca (*Lama pacos*). *Bol. Extraordinario* 4: 116 – 27
22. **Schaller O. 2007.** Illustrated Veterinary Anatomical Nomenclature. 2<sup>nd</sup> ed. Thieme Publishing group. Germany. 625 pp.
23. **Webster S, De Wreede R. 2013.** Embriología: Lo esencial de un vistazo. Editorial médica Panamericana. Madrid. 120 pp.
24. **Yasargil M. 1996.** Microneurosurgery. Georg Thieme. Germany. 526p.