

## Angioarquitectura macroscópica del complejo útero-fetoplacentario en alpacas (*Vicugna pacos*)

### Macroscopic angioarchitecture of the utero- fetoplacental complex in alpacas (*Vicugna pacos*)

Joel Ivan Pacheco-Curie<sup>1\*</sup>, Celso Zapata-Coacalla<sup>3</sup>, Víctor Manuel Vélez-Marroquin<sup>1</sup>, Wilber García-Vera<sup>1</sup>, Daniel Marcelo Lombardo<sup>2,4</sup>

#### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue describir la irrigación arterial del complejo uterino – fetoplacentario en alpacas durante la gestación. Se utilizaron 26 alpacas hembra; de estas, 5 estaban vacías y fueron utilizadas para describir la irrigación del tracto reproductivo y los orígenes de su irrigación, y 21 hembras gestantes fueron distribuidas en subgrupos de 7 y sacrificadas al alcanzar el primer, segundo y tercer tercio de gestación, respectivamente. Los especímenes fueron procesados mediante la técnica de repleción-corrosión. La observación de la irrigación uterina en úteros grávidos y no grávidos demuestra que tiene su origen en la arteria aorta abdominal, desde donde emergen las arterias ováricas, que se dirigen hacia los ovarios y de donde continúan mediante las

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Producción y Sanidad de Ganadería Altoandina, PROSAGAL, Estación Marangani del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA), Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Cusco, Perú

<sup>2</sup> Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Veterinarias, Instituto de Investigación y Tecnología en Reproducción Animal, Cátedra de Histología y Embriología, Argentina

<sup>3</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú

<sup>4</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina

\* E-mail: [jpachecoc@unmsm.edu.pe](mailto:jpachecoc@unmsm.edu.pe)

*Esta investigación fue financiada por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos – RR N.º 05753-R-21 con código de proyecto A21081051*

*Recibido: 1 de noviembre de 2022*

*Aceptado para publicación: 10 de junio de 2023*

*Publicado: 25 de agosto de 2023*

©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

arterias uterinas craneales e ingresan hacia los cuernos uterinos para anastomosarse con las ramas lateral y ventral de las arterias uterinas caudales que tienen su origen en las arterias ilíacas. De las ramas laterales de las arterias uterinas, emergen las arterias espiraladas que irrigan los cuernos uterinos, las mismas que se encuentran en mayor cantidad en el cuerno izquierdo y que en hembras preñadas se observan estiradas. La rama medial de la arteria uterina caudal derecha se dirige hacia el cuerno izquierdo, incrementando así la irrigación sanguínea en ese cuerno. En la placenta, se forman muchos vasos pequeños que se juntan para ingresar hacia el feto mediante las venas umbilicales, las que se anastomosan formando el seno venoso, que vierte la sangre hacia los capilares sinusoides hepáticos en una gran ramificación, que luego se vierte en tres vasos medianos que al juntarse, emergen por la parte posterior del hígado y se une hacia la vena cava posterior, mediante el llamado conducto venoso, esta vierte la sangre en la aurícula derecha, desde donde la sangre se dirige a la aurícula izquierda mediante el agujero oval, luego hacia el ventrículo izquierdo desde donde emerge la arteria aorta, donde se encuentra el conducto arterioso que desvía parte de esta sangre hacia el tronco pulmonar. La arteria aorta continúa su recorrido hacia caudal y luego de la bifurcación de las arterias ilíacas, emergen las dos arterias umbilicales que se dirigen hacia la placenta. Se propone identificarlas con el nombre de arterias placentarias izquierda y derecha, así como sus venas satélites.

**Palabras clave:** irrigación fetal, útero, placenta, feto, alpaca

## ABSTRACT

The aim of this study was to describe the arterial supply of the uterine-fetoplacental complex in alpacas during gestation. In total, 26 female alpacas were used; of these, 5 non-pregnant females were used to describe the irrigation of the reproductive tract and the origins of its irrigation; and 21 pregnant females were distributed in subgroups of 7 and slaughtered when they reached the 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> third of gestation, respectively. The specimens were processed using the filling-corrosion technique. Observation of uterine irrigation in pregnant and non-gravid uteri shows that it originates from the abdominal aorta artery, from where the ovarian arteries emerge, which pass towards the ovaries and from where they continue through the cranial uterine arteries and enter the uterine horns where they anastomose with the lateral and ventral branches of the caudal uterine arteries that take their origin from the iliac arteries. From the lateral branches of the uterine arteries, the spiral arteries that irrigate the uterine horns emerge, the same ones that are found in greater numbers in the left horn and that in pregnant females are observed stretched. The medial branch of the right caudal uterine artery passes into the left horn, thereby increasing the blood supply to that horn. In the placenta, many small vessels form that come together to enter the fetus through the umbilical veins, which anastomose to form the sinus venosus, which pours blood into the hepatic sinusoidal capillaries in a large branch, which then pours into three medium vessels that when joined, emerge from the posterior part of the liver and join to the posterior vena cava, through the so-called ductus venosus, this pours the blood into the right atrium, from where the blood goes to the left atrium through the foramen ovale, then towards the left ventricle from where the aorta artery emerges, where the ductus arteriosus is found which diverts part of this blood towards the pulmonary trunk. The aortic artery continues its course caudally and after the bifurcation of the iliac arteries, the two umbilical arteries emerge that go towards the placenta. It is proposed to identify them with the name of left and right placental arteries, as well as their satellite veins.

**Key words:** fetal irrigation, uterus, placenta, fetus, alpaca

## INTRODUCCIÓN

Los camélidos sudamericanos son especies propias de los Andes, capaces de producir y reproducirse en condiciones medioambientales extremas (Quispe *et al.*, 2008). El útero de la alpaca (*Vicugna pacos*) es de tipo bicornuado y se ubica en la cavidad pélvica, el cuerpo uterino es relativamente pequeño, siendo el cuerno izquierdo más grande que el derecho, el endometrio es liso y no presenta carúnculas (Novoa, 1970). Asimismo, presenta mayor irrigación sanguínea en el cuerno izquierdo respecto al cuerno derecho, lo cual permitiría al cuerno izquierdo mantener la gestación (Del Campo *et al.*, 1996).

Estas particularidades se evidencian también en la llama (*Lama glama*), donde se describen arterias propias de esta especie, como la arteria vaginal caudal, vesical media, vaginal craneal y uterina dorsal, entre otras; siendo evidente la mayor irrigación del cuerno izquierdo frente al derecho (León *et al.*, 2011). En el camello (*Camelus dromedarius*) también se describe el mayor tamaño del cuerno izquierdo frente al derecho, además de indicar que el tejido conectivo del estroma endometrial alberga a las glándulas endometriales; de igual forma, se describe una delgada capa de tejido muscular liso (Srikanthakumar *et al.*, 2003). En el aspecto reproductivo, el mayor porcentaje de gestación se ubica en el cuerno izquierdo, tanto en alpacas como en llamas (Sumar, 1996).

La placenta es un órgano mediante el cual se intercambian los gases, nutrientes y desechos entre la madre y el feto, siendo su desarrollo y funcionamiento fundamental para llevar exitosamente la gestación (Espinoza, 2011; Roa *et al.*, 2012). Los cambios anatómo-fisiológicos vasculares en la gestación a nivel sistémico y uterino son fundamentales para entender el incremento del flujo sanguíneo uterino, la microcirculación y circulación en el espacio intervuloso de la interfaz materno-fetal (Apaza y Huamán, 2015).

La placenta de los camélidos sudamericanos es de tipo epiteliocorial difusa (Novoa, 1970). La interfaz materno-fetal consiste en una intrincada interdigitación de microvellosidades, la cual se observa como unión profunda entre la placenta y el epitelio uterino, la cantidad de capilares es mucho mayor a lo observado en otras especies que presentan este tipo de placenta, lo cual podría ser una adaptación para mantener una gestación en condiciones de gran altitud (Sumar y Adams, 2007). En porcinos, la placenta presenta un tipo de fluido sanguíneo de contracorriente a corriente-cruzada y está clasificada como epiteliocorial difusa (Miglino *et al.*, 2001). En general, la sangre oxigenada llega al feto desde la placenta por medio de la vena umbilical izquierda, vena que desemboca en los sinusoides hepáticos y allí se mezcla con sangre no oxigenada que proviene de la vena porta, la que se distribuye en el intestino drenando su contenido hacia el hígado (Sánchez y Von Lawzewitsch, 1984). En dromedarios se indica que la sangre que viene de la placenta ingresa al feto a través de dos venas umbilicales que vacían su contenido en el seno venoso intraabdominal, una vena ingresa y emerge del hígado (Elgozouli y Osman, 2013).

El presente estudio tuvo como objetivo describir la angioarquitectura del complejo uterino-fetoplacentario para determinar las características de la irrigación arterial en útero grávido, así como la irrigación placentaria y fetal en alpacas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Animales

Se utilizaron 26 alpacas hembra adultas mantenidas en pasturas naturales. Los animales se encontraban en adecuadas condiciones sanitarias, corporales y reproductivas. Se realizó un empadre controlado en 21 alpacas utilizando machos de capacidad reproductiva conocida y se determinó la ges-

tación mediante ecografía transrectal a los 20 días de la monta.

Las hembras fueron divididas en dos grupos:

- Grupo 1: 5 hembras vacías
- Grupo 2: 21 hembras gestantes distribuidas en tres subgrupos: SGa = primer tercio de gestación ( $90\pm 30$  días) ( $n=7$ ); SGb = segundo tercio ( $180\pm 30$  días) (7) y SGc = último tercio de gestación ( $280\pm 30$  días) (7).

Las hembras vacías fueron faenadas y el tracto reproductor fue procesado mediante la técnica de repleción-corrosión para obtener el molde vascular uterino, el mismo que fue posteriormente utilizado para la comparación con los úteros grávidos. Las hembras del Grupo 2 fueron faenadas en las fechas programadas (90, 180 y 280 días pos-monta aproximadamente). Tres (3) especímenes de cada subgrupo fueron procesados para obtener el molde vascular uterino y cuatro (4) especímenes fueron utilizados para obtener el molde vascular placentario y fetal. El faenamamiento de los animales fue de acuerdo con el procedimiento estándar en el país (aturdimiento e hipovolemia).

### Procesamiento de Muestras

Luego del faenado, las hembras fueron cuidadosamente evisceradas a fin de describir la irrigación arterial uterina, placentaria y fetal. Para este fin se utilizó la técnica de repleción-corrosión, (Bustamante *et al.*, 2007) la cual sigue los siguientes pasos:

- En los especímenes para obtener el molde vascular uterino se canuló la arteria aorta abdominal caudal y se hizo la infusión de suero fisiológico para limpiar todos los vasos de los restos de coágulos sanguíneos, dejando reposar por 12 horas como mínimo. Luego se hizo la infusión de látex de molde hasta que se alcanzó la circulación uterina. Seguidamente se realizó la fijación del cuerpo de la alpaca utilizando formol al 10% por 20-30 días, previo retiro de los

miembros posteriores y anteriores para facilitar su posterior disección. Finalmente se realizó la disección y posterior transparentado y corrosión, utilizando hidróxido de potasio al 30% (los especímenes se transparentan entre los 15 y 18 días de iniciado el proceso, y luego se observa destrucción progresiva del tejido).

- En los especímenes para la evaluación fetal se retiró el útero grávido, se realizó una incisión dorsal del útero y se retiró el feto, determinando en el cordón umbilical, las arterias y las venas umbilicales. Luego se realizó la infusión del látex de molde (rojo para arteria y azul para vena), primero hacia el feto y luego hacia la placenta. Posteriormente se sumergió el espécimen en formol al 10% por 20 días, para finalmente realizar la disección, transparentado y corrosión mediante maceración en una solución de hidróxido de potasio al 30% por 60 días a fin de realizar la descripción anatómica.

El presente estudio fue autorizado por el Comité de Ética y Bienestar Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, mediante Constancia de Autorización Ética N.º CEBA-2020-01.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Irrigación Uterina

La irrigación arterial del útero de la alpaca vacía no presenta gran variación con aquella de la hembra grávida (Figura 1), siguiendo el mismo patrón, a excepción de la forma de las arterias espiraladas que se encuentran muy sinuosas, porque el útero se encuentra en su tamaño normal, aún sin distenderse por causa de la gravidez.

La estructura arterial del útero grávido de alpaca se presenta en la Figura 2. La irrigación arterial del tracto reproductivo proviene de diversas arterias que tienen como



Figura 1. A: Irrigación arterial de útero no grávido (vista dorsal). B: Irrigación uterina de útero no grávido (Vista ventral). C: Vista ventral del cuerno derecho. Se observa la rama uterina medial proveniente de la arteria ovárica (flecha roja), la rama uterina medial proveniente de la arteria uterina caudal (flecha amarilla), y la anastomosis arterial de la arteria uterina medial (flecha verde). D: Vista dorsal del cuerno derecho. Obsérvese las arterias espiraladas que se capilarizan en el borde anterior del cuerno

origen la arteria aorta abdominal, donde a nivel de las vértebras L4-L5 se origina la arteria ovárica con dirección lateroventral hasta alcanzar el ligamento ancho. Esta arteria se sitúa lateral al tracto reproductivo y alcanza al ovario mediante una rama lateral denominada arteria ovárica propia. Asimismo, se observa otra rama encargada de irrigar el oviducto, parte del ligamento ancho y el extremo del cuerno uterino, denominada rama oviductal; sin embargo, la arteria principal denominada ahora arteria uterina craneal, continua hasta acercarse al mesometrio, donde se bifurca en dos ramas que ingresan a los cuernos uterinos mediante su borde caudal, una es la rama lateral que se dirige por la cara dorsal del borde posterior de los cuernos uterinos, y la otra rama denominada rama medial se dirige por la cara ventral de los

cuernos uterinos. Estas dos ramas se continúan con las ramas lateral y medial de la arteria uterina caudal, respectivamente, formando un círculo de irrigación de la cual se desprenden las arterias espiraladas (Figura 2D,E,F). Estas últimas irrigan los cuernos uterinos, dorsalmente se pueden ver entre 21 a 23 arterias y ventralmente entre 14 a 16 (Figura 2A,C).

Caudal al origen de las arterias ováricas en la arteria aorta abdominal, se originan dos arterias de mayor calibre, denominadas arterias ilíacas internas, de la cual se origina la arteria pudenda interna y la cual a su vez da origen a la arteria urogenital, de donde sale la arteria vaginal y la arteria uterina caudal. Esta última recorre cerca al borde de inserción del ligamento ancho a nivel del cérvix, avanzan-

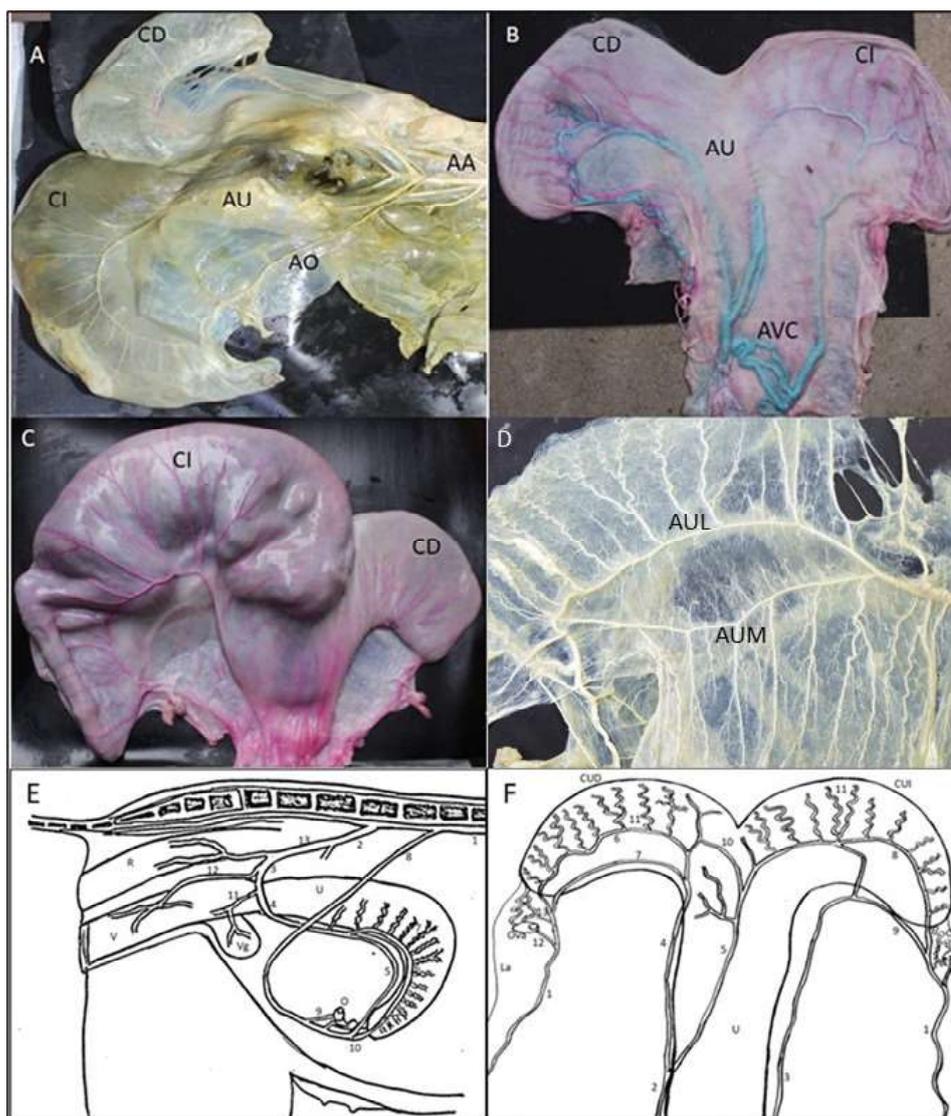


Figura 2. Irrigación sanguínea en útero grávido de alpaca. A, origen de la irrigación arterial desde la arteria Aorta Abdominal (AA). B, Irrigación arteriovenosa de útero grávido, vista ventral (AU: A. uterina; AVC: A. arco cervical). C, Útero grávido, vista dorsal (Irrigación arterial en rojo), nótese las arterias espiraladas se encuentran distendidas. D, anastomosis arterial entre las ramas laterales (AUD) y mediales (AUV) de la A. ovárica - A. uterina craneal (AO) y la A. uterina caudal (AU). CD: cuerno derecho; CI: cuerno izquierdo. E: Esquema lateral de la angioarquitectura reproductiva de la alpaca (solo se consideran las arterias que irrigan al tracto reproductivo). U, útero; V, vagina, R, recto, Vg, vejiga; O, ovario. 1: A. aorta abdominal; 2: A. iliaca; 3: A. urogenital; 4: A. uterina caudal; 5: rama medial de 4; 6: rama lateral de 4; 7: Arterias espiraladas; 8: A. ovárica; 9: A. ovárica Propia; 10: bifurcación de la A. uterina craneal: 11: A. vesical; 12: A. vaginal; 13 A. pudenda interna. F: Esquema ventral de la angioarquitectura uterina de la alpaca (solo se consideran las arterias que irrigan al tracto reproductivo). U, útero; Ov, oviducto; Ova, ovario; La, ligamento ancho; CUD, cuerno uterino derecho, CUI, cuerno uterino izquierdo. 1: A. ovárica; 2: A. uterina caudal derecha; 3: A. uterina caudal izquierda; 4: rama lateral de 2; 5: Rama medial de 2; 6: Rama medial de 2; 7: Rama lateral de 2; 8: Rama medial de 3; 9: Rama lateral de 9; 10: Anastomosis entre 2 y 3; 11: arterias espiraladas; 12: A. ovárica propia; 13: A. oviductal

do en forma caudocraneal por el borde lateral del útero y los cuernos uterinos. La arteria, a nivel del final del cuerpo uterino, se bifurca, dando origen a dos ramas arteriales uterinas, la rama lateral y la rama medial, las que se continúan con las ramas lateral y medial de la arteria uterina craneal, respectivamente. Ventralmente, la arteria uterina caudal derecha, posterior a la bifurcación que dan origen a las ramas lateral y medial, da origen a una rama medial izquierda que irriga la porción media anterior del cuerno uterino izquierdo, anastomosándose con ramas colaterales de la rama uterina medial izquierda (Figura 2E,F).

Sato y Montoya (1990) describen que la irrigación arterial uterina de la alpaca es suministrada principalmente por las arterias ováricas y las arterias uterinas caudales, teniendo origen en la arteria aorta abdominal, de la misma forma a lo descrito en el presente trabajo. Sin embargo, en ninguno de los especímenes se pudo observar el origen de las arterias ováricas de un tronco común, tal como lo mencionan dichos autores. La presencia de la anastomosis entre la rama medial de la arteria uterina caudal derecha y la rama medial de la arteria uterina caudal izquierda fue descrita por Del Campo *et al.* (1996), quienes indican que esta característica asimétrica permite mayor provisión sanguínea hacia el cuerno izquierdo, considerando su funcionalidad durante la gestación en mayor porcentaje de ese lado (Valencia, 2008). Las anastomosis entre las ramas mediales y laterales de las arterias uterinas caudales y de las arterias uterinas craneales incrementan el suministro sanguíneo hacia los cuernos, característica que también fue descrita por Carrera (2004) en alpacas (*Vicugna pacos*) y por Gallegos (1997) en vicuñas (*Vicugna vicugna*). No obstante, existen diferencias con la angioarquitectura uterina de llama (*Lama glama*), donde León *et al.* (2011) reportaron la presencia de la arteria uterina dorsal, arteria que no fue observada en el presente estudio.

Las arterias espiraladas irrigan los cuernos uterinos y tienen su origen de las ramas laterales y mediales de las arterias uterinas caudales y craneales anastomosadas. Se observaron de 20 a 23 en el cuerno izquierdo y de 18 a 20 en el cuerno derecho (Figura 2A,C), mientras que en hembras vacías se observan de una forma altamente sinuosa y que se ramifican y disminuyen su calibre a medida que ingresan hacia la mucosa uterina, donde llegan en forma de capilares (Valencia, 2008). Sin embargo, en estado de gravidez, por la distensión del útero, pierden este aspecto sinuoso y se muestran más rectas, siendo este estiramiento progresivo a medida que avanza la gestación y el útero se distiende, sobre todo en estadios más avanzados de la gestación (Figura 2A,C).

### Irrigación Placentaria

Las placentas procesadas por la técnica de repleción-corrosión fueron limpiadas y descritas según los vasos sanguíneos observados (Figura 3).

La placenta desde estadios muy tempranos ocupa todo el interior uterino, abarcando los dos cuernos y el cuerpo. En el presente estudio, el cuerno grávido fue el izquierdo en todos los casos. La irrigación fetoplacentaria observada siempre fue en mayor grado en el cuerno grávido. Hubo un mayor número de ramas venosas y arteriales en dicho cuerno. El calibre se incrementa con la edad gestacional, así como una mayor ramificación. Todas las ramas arteriales y venosas se anastomosan entre sí. Desde el segundo tercio de gestación en adelante se observan cuatro grandes vasos saliendo de la placenta por el cordón umbilical hacia el feto, dos de los cuales corresponden a las arterias y dos a las venas umbilicales. De estas, una vena y una arteria se generan de la parte anterior del cuerno grávido, llegando sus ramificaciones hasta la mitad de este cuerno, en tanto que los otros dos vasos, una arteria y una vena, se generan de la parte posterior del cuerno grávido, llegando hasta

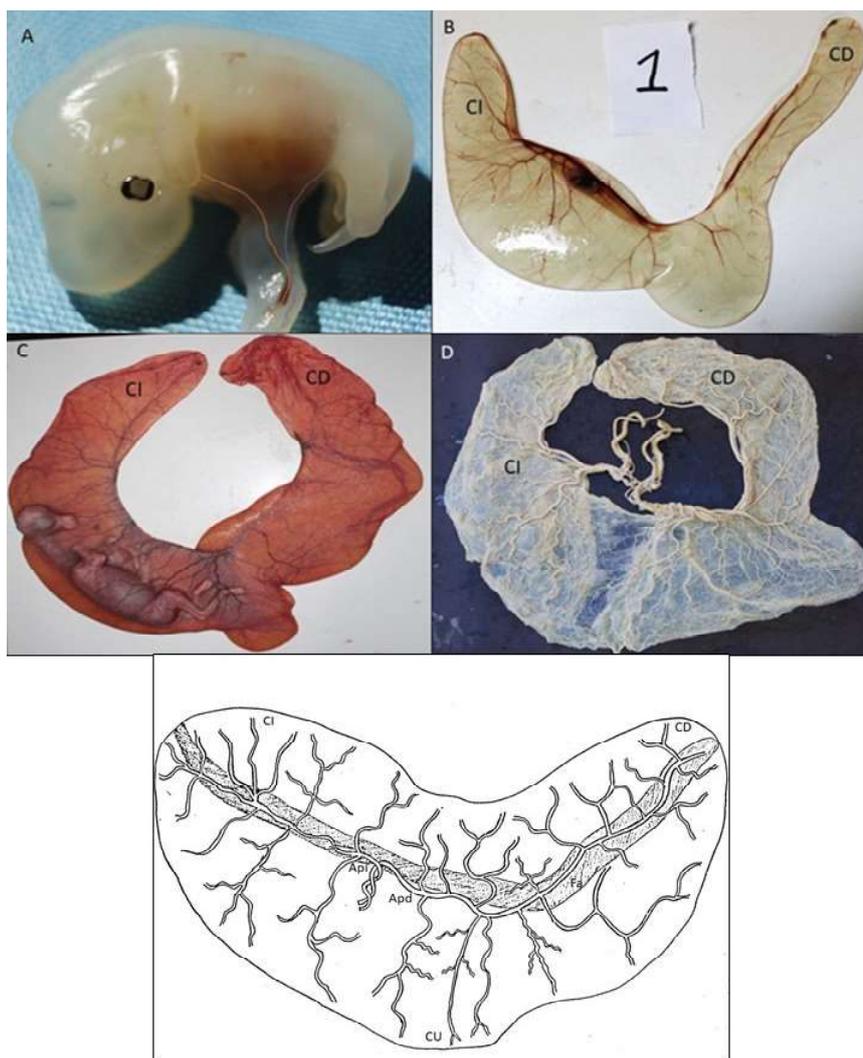


Figura 3. Irrigación placentaria en la alpaca. A: embrión de 30 días. Se observa la vena umbilical (línea naranja) y la arteria umbilical izquierda (línea azul), que aún no se encuentran contorneadas. B: placenta a los 40 días de gestación (primer tercio). Se observa al embrión dentro del saco amniótico y la irrigación placentaria predominante en el cuerno izquierdo. C: placenta y feto de 165 días (segundo tercio). Irrigación predominante en el cuerno izquierdo. D: molde vascular de irrigación placentaria a los 280 días (tercer tercio). E: Esquema de la Angioarquitectura placentaria. CU, cuerpo del útero; CI, cuerno izquierdo, CD, cuerno derecho; Fa, franja avillosa; Api, Arteria placentaria izquierda; Apd, Arteria placentaria derecha

el cuerpo y el cuerno no grávido, con evidente menor ramificación que el cuerno grávido. Todos los vasos (arterias y venas) presentes en la placenta, se encuentran anatómicamente debajo del corion. Por otro lado, en el borde

anterior de ambos cuernos placentarios, se puede observar una franja libre de vellosidades coriónicas, denominada franja avillosa (Meesters *et al.*, 2019), de aspecto liso, donde se ubican los vasos más grandes.

La placenta de alpaca es de tipo epitelio-corial difusa (Olivera *et al.*, 2003). En el primer mes de la gestación comienza a formarse las microvellosidades, puesto que macroscópicamente la superficie exterior del corion tiene aspecto liso (Figura 3B), mientras que en el segundo mes es posible ver el característico aspecto rugoso de las microvellosidades coriónicas (Fowler, 2010). En estadios tempranos (30 días de gestación), se logró observar vasos sanguíneos atravesando el cordón umbilical primitivo, los que corresponderían a la vena umbilical (Figura 3A, línea naranja), que estarían dirigiéndose a formar el seno venoso, a través del hígado aun en formación (Castro *et al.*, 2015). También se observó la arteria umbilical izquierda, la que se dirige hacia la zona inguinal del embrión (Figura 3A, línea azul). No obstante, debido al reducido tamaño y la friabilidad extrema del tejido embrionario, fetal y placentario durante el primer tercio de gestación, no se pudo realizar la técnica de repleción-corrosión con látex, pero que según Noden y De Lahunta (1985), estos vasos se estarían originando en las arterias y venas alantoideas en estadios muy tempranos de desarrollo.

A partir del segundo tercio de gestación se pudo aplicar el látex de moldeo a través de los vasos umbilicales, los cuales pueden diferenciarse macroscópicamente por el evidente mayor grosor de la pared muscular en las arterias umbilicales y las paredes más flácidas y delgadas en las venas umbilicales (Barrios-Arpi *et al.*, 2016). Se observan cuatro vasos a lo largo de todo el cordón umbilical (2 arterias y 2 venas). Las arterias y venas umbilicales se distribuyen por debajo del corion (Fowler, 2010), ramificándose en arterias de segundo y tercer grado (Figura 3D) hasta terminar en capilares que ya no fueron posibles de moldear, ubicados al exterior del corion, en íntima oposición al endometrio, tal como fue descrito en dromedarios (Eisa, 2008), los que se anastomosan mayormente hacia el borde caudal de la placenta (Ayala, 2019).

Hacia el borde anterior de la placenta, del segundo tercio en adelante, se observa una zona libre de vellosidades coriónicas, la franja avillosa (Meesters *et al.*, 2019), que va desde la zona medial hasta el extremo de los cuernos uterinos, debajo de la cual se ubican los grandes vasos provenientes de las arterias y venas umbilicales. Ante esto, para una mejor descripción anatómica, se propone denominarlas arteria y vena placentaria izquierda y derecha, respectivamente (Figura 3D,E).

### Irrigación Fetal

La irrigación fetal fue descrita en especímenes procesados mediante la técnica de repleción-corrosión y se realizó la descripción en base a lo observado y la evidencia fotográfica (Figura 4). La irrigación arterial en el feto presenta características particulares que la diferencian de la circulación extrauterina, siendo la diferencia más resaltante que la sangre oxigenada ingresa mediante las venas umbilicales y la sangre venosa sale mediante las arterias umbilicales (Valentich *et al.*, 2008).

De la misma forma, la sangre ingresa al feto mediante dos venas umbilicales, las mismas que se mantienen separadas a lo largo de todo el cordón umbilical, pero se anastomosan dentro de la cavidad abdominal del feto formando un solo vaso llamado seno venoso, que ingresa al hígado, tal como fue reportado en dromedarios (*Camelus dromedarius*) (Elgozouli y Osman, 2013), donde se ramifica en tres vasos medianos, los cuales a su vez se distribuyen a lo largo de todo el órgano. Esos vasos, hacia la cara posterior, se vuelven a juntar en uno solo que emerge hacia atrás para unirse a la vena cava posterior, formando el conducto venoso (Figura 4D), que se une craneal a la emergencia de la vena gástrica (Elgozouli y Osman, 2013). La circulación continúa mediante la vena cava posterior, la cual ingresa a la aurícula derecha, donde la presencia del agu-

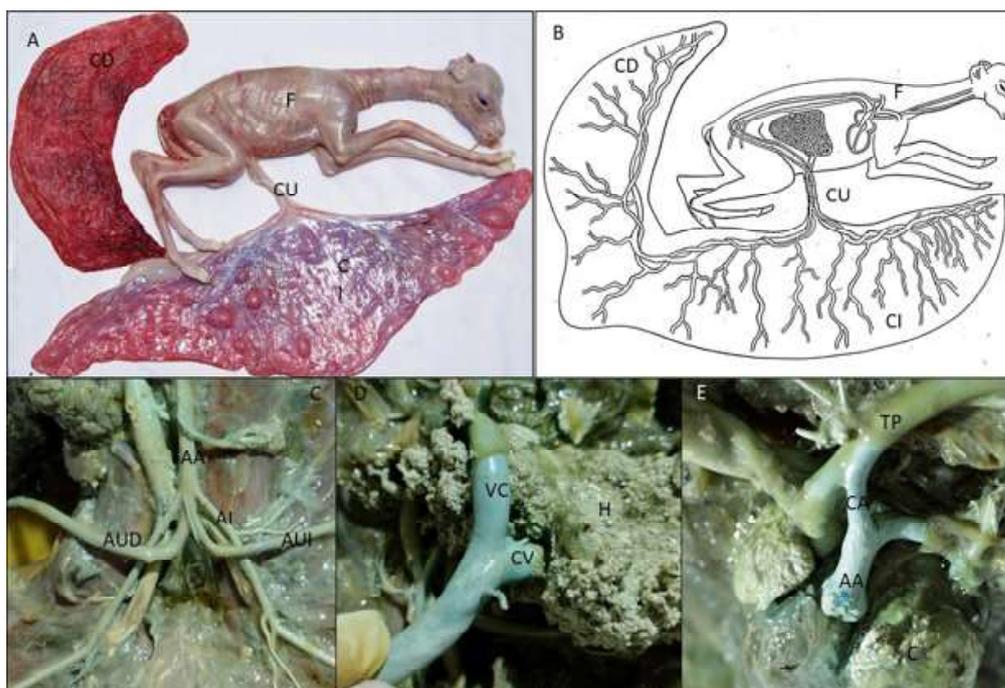


Figura 4. Irrigación fetoplacentaria en la alpaca. A: Fotografía de un complejo fetoplacentario en tercer tercio de gestación. F, feto; CU, cordón umbilical; CD, cuerno derecho; CI, cuerno izquierdo. B: esquema de A, nótese los detalles de la irrigación fetal. C: Nacimiento de las arterias umbilicales, AA, arteria aorta; AI, Arteria iliaca; AUD, Arteria umbilical derecha; AUI, Arteria umbilical izquierda. D: Conducto venoso (CV), VC, Vena cava; H, hígado. E: Conducto arterioso (CA), AA, Arteria aorta; C, corazón; TP, tronco pulmonar

jero oval permite que la sangre ingrese a la aurícula izquierda, desde donde pasa al ventrículo izquierdo y sale mediante la arteria aorta, donde se encuentra el Conducto Arterioso (Sanchez y Von Lawzewitsch, 1984; Arteaga-Martínez *et al.*, 2017) que desvía parte de esta sangre hacia el tronco pulmonar (Figura 4E).

La arteria aorta se continúa con la aorta abdominal, y caudal a la ramificación de las arterias ilíacas, existen dos ramas que emergen, haciendo una curva cercana a la región ventral del abdomen, se juntan y se dirigen hacia la región umbilical. Estos vasos salen por el cordón umbilical, denominándose venas umbilicales (Elgozouli y Osman, 2013), de las cuales, la vena umbilical dere-

cha se dirige hacia el cuerno derecho y la vena umbilical izquierda se dirige hacia el cuerno izquierdo, manteniendo su lateralidad (Figura 4C).

## CONCLUSIONES

- Los úteros grávidos y no grávidos presentan las mismas arterias irrigando el útero. En las hembras vacías se encuentran de forma espiralada, estirándose durante la gravidez.
- Existe una mayor provisión sanguínea hacia el cuerno izquierdo de la alpaca. La sangre arterial proviene tanto de la arteria ovárica como de la arteria uterina caudal. Las arterias espiraladas se en-

cuentran en mayor número en el cuerno izquierdo con relación al cuerno derecho. Estas arterias se estiran a medida que avanza la gestación.

- No se pudo observar la presencia de la arteria uterina dorsal que fue reportada en llamas.
- La placenta muestra una franja libre de vellosidades en el borde anterior, donde se asientan los grandes vasos que provienen del cordón umbilical. Se plantea el nombre de arteria placentaria derecha e izquierda para su mejor descripción.
- Las dos venas umbilicales se unen dentro de la cavidad abdominal del feto para formar el seno venoso, el cual ingresa al hígado, desde donde ingresa hacia la vena cava posterior mediante el conducto venoso.
- De la arteria aorta emerge un vaso corto que lleva sangre hacia el tronco pulmonar, denomina conducto arterioso.
- De la arteria aorta abdominal, posterior a las arterias ilíacas, emergen dos vasos que se dirigen hacia la zona umbilical, donde se juntan para emerger desde el feto hacia la placenta, denominados arterias umbilicales.

### Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración del Dr. Franklin Miranda de la Facultad de Medicina Humana de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco por su apoyo en la ejecución de las técnicas anatómicas utilizadas.

### LITERATURA CITADA

1. **Apaza Valencia J, Huamán Guerrero M. 2015.** Flujo sanguíneo uterino en el embarazo. *Rev Per Ginecol Obst* 61: 127-134.
2. **Arteaga-Martínez M, García-Peláez I, Sánchez-Gómez C. 2017.** Desarrollo del sistema cardiovascular. En: Embriología humana y biología del desarrollo. 2° ed. México: Ed Médica Panamericana. 538 p.
3. **Ayala EI. 2019.** Estudio anatómico histológico e identificación de antígenos de angiotensina y endotelina en los vasos sanguíneos de la placenta de alpaca (*Vicugna pacos*). Tesis de Maestría. Lima, Perú: Univ. Nacional Mayor de San Marcos. 39 p.
4. **Barrios-Arpi LM, Rodríguez Gutiérrez JL, Lopez-Torres B. 2017.** Histological characterization of umbilical cord in alpaca (*Vicugna pacos*). *Anat Histol Embryol* 46: 533-538. doi: 10.1111/ah.12298
5. **Bustamante MF, Gómez RHP, Gutiérrez OB. 2007.** Preservación de placenta humana. Técnica anatómica. *Int J Morphol* 25: 545-548.
6. **Carrera R. 2004.** Vascularización e inervación de los genitales de la alpaca hembra (*Lama pacos*). Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Puno, Perú: Univ. Nacional del Altiplano. 32 p.
7. **Castro AN, Domínguez MT, Gómez SA, Mendoza Torres GJ, Llerena Zavala CA, Ghezzi MD, Barbeito CG. 2016.** Development of the liver in alpaca (*Vicugna pacos*): a microscopic and macroscopic description. *Anat Histol Embryol* 45: 173-183. doi: 10.1111/ah.12183
8. **Del Campo MR, Del Campo CH, Ginther OJ. 1996.** Vascular provisions for a local utero-ovarian cross-over pathway in new world camelids. *Theriogenology* 46: 983-991. doi: 10.1016/s0093-691x(96)00262-2
9. **Eisa EI. 2008.** Morphology and histochemistry of the foetal membranes and placenta of the dromedary camel (*Camelus dromedarius*). PhD Thesis. Sudan: University of Khartoum. 291 p.
10. **Elgozouli SO, Osman DI. 2013.** Foetal circulation of the dromedary camel (*Camelus dromedarius*). *Res J Vet Sci* 6: 11-19.

11. **Espinoza CR. 2011.** Angiogénesis en la placenta de los animales domésticos. *Rev Vet* 22: 131-138. doi: 10.30972/vet.2221840
12. **Fowler ME. 2010.** Medicine and surgery of south American camelids 3<sup>rd</sup> ed. Ames, Iowa, USA: Willey-Blackwell Publishing. 630 p.
13. **Gallegos RC. 1997.** Descripción macroscópica del aparato reproductor femenino de la vicuña (*Vicugna vicugna*): su irrigación e inervación. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista, Puno, Perú: Univ. Nacional del Altiplano. 72 p.
14. **León E, Sato A, Navarrete M, Cisneros J. 2011.** Anatomía macroscópica, irrigación y drenaje venoso del aparato reproductor femenino de la llama (*Lama glama*). *Rev Inv Vet Perú* 22: 1-8.
15. **Meesters M, Opsomer G, Govaere J. 2019.** Macroscopic evaluation of the placenta of the alpaca (*Vicugna pacos*). *Reprod Domest Anim* 54: 996-1002. doi: 10.1111/rda.13453
16. **Miglino MA, Pereira FT, Santos TC, Carvalho AF. 2001.** A morfologia placentária dos suínos domésticos: revisão. *Arq Ciênc Vet Zool* 4: 71-76.
17. **Noden DM, De Lahunta A. 1985.** The embryology of domestic animals. Baltimore London: Williams and Wilkins. 367 p.
18. **Novoa C. 1970.** Reproduction in Camelidae. *J Reprod Fertil* 22: 3-20. doi: 10.1530/jrf.0.0220003
19. **Olivera L, Zago D, Leiser R, Jones C, Bevilacqua E. 2003.** Placentation in the alpaca *Lama pacos*. *Anat Embryol* 207: 45-62. doi: 10.1007/s00429-003-0328-3
20. **Quispe EC, Mueller JP, Ruiz J, Alfonzo L, Gutiérrez GA. 2008.** Actualidades sobre adaptación, producción, reproducción y mejora genética en camélidos. Huancayo, Perú: Univ. Nacional de Huancavelica. 129 p.
21. **Roa I, Smok C, Prieto R. 2012.** Placenta: anatomía e histología comparada. *Int J Morphol* 30: 1490-1496.
22. **Sánchez A, Von Lawzewitsch I. 1984.** Desarrollo del sistema cardiovascular y linfático. En: Lecciones de embriología veterinaria. 3<sup>o</sup> Ed. Buenos Aires, Argentina: Hemisferio Sur. 49 p.
23. **Sato A, Montoya L. 1990.** Anatomía macroscópica de la alpaca (*Lama pacos*). En: Aparato reproductor de la alpaca (*Lama pacos*). Lima, Perú. Centro de Investigación IVITA. 56 p.
24. **Srikandakumar A, Johnson EH, Mahgoub O, Kadim IT, Al-Ajmi DS. 2003.** Anatomy and histology of the female reproductive tract of Arabian camel. *Agric Marine Sci* 8: 63-66.
25. **Sumar JB. 1996.** Reproduction in llamas and alpacas. *Anim Reprod Sci* 42: 405-415. doi: 10.1016/0378-4320(96)01538-2
26. **Sumar J, Adams GP. 2007.** Reproductive anatomy and life cycle of the male and female llama and alpaca. In: Current therapy in large animal theriogenology. 2<sup>nd</sup> ed. Saunders, Elsevier. Missouri, USA. 1088 p.
27. **Valencia MR. 2008.** Microvascularización del útero de la alpaca. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Puno, Perú: Univ. Nacional del Altiplano. 53 p.
28. **Valentich MA, Eynard AR, Rovasio RA. 2008.** Interacciones materno-fetal-neonatal: placenta y glándula mamaria. En: Histología y embriología del ser humano, bases celulares y moleculares. 4<sup>o</sup> ed. Buenos Aires, Argentina: Ed. Médica Panamericana. 660 p.