Universidad de La Salle
Ciencia Unisalle

Medicina Veterinaria | Facultad de Ciencias Agropecuarias

8-2017

Características de la pubertad en ovinos machos de pelo colombiano y sus cruces con Katahdin y Santa Inés en Villavicencio, Meta

Jaumer Andrés Orozco
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/medicina_veterinaria

Part of the Veterinary Medicine Commons

Citación recomendada

Orozco, J. A. (2017). Características de la pubertad en ovinos machos de pelo colombiano y sus cruces con Katahdin y Santa Inés en Villavicencio, Meta. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/medicina_veterinaria/131

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ciencias Agropecuarias at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Medicina Veterinaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

JAUMER ANDRÉS OROZCO

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA

BOGOTÁ D.C., AGOSTO DEL 2017

CARACTERÍSTICAS DE LA PUBERTAD EN OVINOS MACHOS DE PELO COLOMBIANO Y SUS CRUCES CON KATAHDIN Y SANTA INÉS EN VILLAVICENCIO, META.

JAUMER ANDRÉS OROZCO, 14092006

Tutora:

DRA.LILIANA CHACÓN JARAMILLO, M.V., M.Sc., Ph.D.

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA

BOGOTÁ D.C., AGOSTO DEL 2017

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios y a la Santa Virgen María por haberme guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes y experiencias.

A mi directora de Tesis Dra. Liliana Chacón Jaramillo, mi más extenso agradecimiento por su paciencia ante mis inconsistencias, por su valiosa orientación y apoyo en arduo camino de la investigación y llegar a la conclusión de la misma. Su experiencia, conocimiento y el amor por la investigación en el campo de la Medicina Veterinaria que ha sido fuente de mi motivación durante estos años.

Al hermano Ariosto, un especial agradecimiento por haberme colaborado en todo el proceso de la investigación, su interés mostrado por mi trabajo y la confianza en mí depositada.

Mis agradecimientos al Dr. Harvey Lozano por su colaboración en el análisis y monitoreo de las muestras de testosterona de este estudio que hicieron posible la realización de la tesis, además por las sugerencias, concejos, gran sabiduría y paciencia en las capacitaciones que me brindo durante el desarrollo de mi proyecto.

A todos ustedes, mi mayor reconocimiento y gratitud.

TABLA CONTENIDO

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO 8

1.1 RESUMEN 8

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 12

1.3 OBJETIVOS 14

1.3.1 Objetivo general 14

1.3.2 Objetivos específicos 14

2. MARCO TEÓRICO 15

2.1 Pubertad 16

2.2 Cambios en el crecimiento testicular y desprendimiento del proceso uretral 18

2.2.1 Perímetro escrotal, proceso uretral, edad y peso: 18

2.2.2 Ecografía testicular y presencia del mediastino testicular 19

2.3 Niveles de testosterona en evaluación de la pubertad: 21

2.4 La espermatogénesis 23

3. METODOLOGÍA 25

3.1 Ubicación geográfica 25

3.2 Manejo experimental y variables: 26

3.3 Análisis de los datos: 28

4. RESULTADOS 29

5. DISCUSIÓN 37

6. CONCLUSIONES 44

7. RECOMENDACIONES 45

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 46

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Edad, concentración media de testosterona, medidas testiculares y características espermáticas en corderos OPC, n=5. 34

Tabla 2. Edad, concentraciones medias de testosterona, medidas testiculares y espermáticas en corderos SO, n=5 (Santa Inés x OPC). 35

Tabla 3. Edad, concentraciones medias de testosterona, medidas testiculares y espermáticas en corderos KO, n=4 (Katahdin x OPC). 35

Tabla 4. Edad a la evaluación del desprendimiento del proceso uretral en corderos OPC, SO (Santa Inés x OPC) y KO(Katahdin x OPC). 36

Tabla 5. Edad, la aparición del mediastino testicular a la ecografía testicular en corderos OPC (OPC x OPC), SO (Santa Inés x OPC) y KO (Katahdin x OPC). 36

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.Plano sagital ecográfico: (a) in situ y (b) Representación esquemática. (I) del plexo pampiniforme; (Ii) la cabeza del epidídimo; (Iii) parénquima testicular; (Iv) mediastino testicular; (V) la cola del epidídimo; (Vi) tabique escrotal; (Vii) el cuerpo del epidídimo. Tomado de: Gouletsou et al.(2003) 20

Figura 2. Dorsal plano ecográfico: sección T1, caudal a craneal; T2 sección, lateral a medial: (a) in situ y (b) la representación esquemática. (I) del plexo pampiniforme; (Ii) la cabeza del epidídimo; (Iii) parénquima testicular; (Iv) mediastino testicular; (V) la cola del epidídimo; (Vi) tabique escrotal; (Vii) el cuerpo del epidídimo. Tomado de: Gouletsou et al.(2003) . 20

Figura 3. Curva de desarrollo del peso, entre los 4 y 12 meses de edad, en corderos OPC y sus cruces (A, B Diferencias entre el genotipo en el tiempo. a-c Diferencias entre los puntos temporales dentro del genotipo). 29

Figura 4. Perímetro escrotal de corderos OPC y sus cruces, entre los 4 y 12 meses de edad (A, B Diferencias entre el genotipo en el tiempo. a-c Diferencias entre los puntos temporales dentro del genotipo). 30

Figura 5. Volumen testicular de corderos OPC y sus cruces, entre los 4 y 12 meses de edad (A, B Diferencias entre el genotipo en el tiempo. a-c Diferencias entre los puntos temporales dentro del genotipo). 31

Figura 6. Concentración sérica de testosterona desde el mes 4 al mes 12 de corderos OPC y sus cruces (A, B Diferencias entre el genotipo en el tiempo. a-c Diferencias entre los puntos temporales dentro del genotipo). 32

Figura 7. Los valores de área bajo la curva de testosterona (ABC) en corderos OPC y sus cruces, los datos de medición de testosterona sérica mensual de 4- 12 meses en período de

estudio se utilizaron para el cálculo (A, B Diferencias entre el genotipo en el tiempo. a-c Diferencias entre los puntos temporales dentro del genotipo). 33
Figura 8. Concentración espermática ([ ] en Spz/ml) y porcentaje de espermatozoides (%) motiles en el eyaculado de los corderos OPC y sus cruces a lo largo del desarrollo/pubertad (A, B Diferencias entre el genotipo en el tiempo. a-c Diferencias entre los puntos temporales dentro del genotipo)..... 34

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

Características de la pubertad en ovinos machos de Pelo Colombiano y sus cruces con Katahdin y Santa Inés en Villavicencio, Meta.

1.1 RESUMEN

En la selección de machos, la heredabilidad alta de las características de precocidad sexual, que junto a la fertilidad de cada individuo tienen gran impacto en el éxito económico de la ganadería ovina. La explotación de animales precoces y con alta fertilidad es una alternativa para aumentar los ingresos de las comunidades que tienen sistemas productivos ovinos y viven en las condiciones del trópico bajo colombiano. El objetivo de este estudio es describir las características del inicio de la pubertad en machos en ovinos de Pelo Colombiano (OPC) y sus cruces con Katahdin y Santa Inés en una finca ubicada en Villavicencio, Meta. Se evaluaron 14 corderos distribuidos en tres biotipos; cinco machos OPC x OPC, cinco machos Santa Inés x OPC (SO) y cuatro machos Katahdin X OPC (KO) a partir de los cuatro meses de edad. Los corderos se mantuvieron durante el día en el potrero y en la noche se llevaron al aprisco. Se midió mensualmente el peso vivo (PV), en el testículo se determinó: el perímetro escrotal (PE), ancho y largo para calcular el volumen testicular (VT) mediante la fórmula elipsoide. Se tomaron muestras de sangre para determinar la testosterona plasmática, por la técnica inmunoenzimática (ELISA) y se realizó ecografía de los dos testículos para determinar la presencia del mediastino testicular. Se evaluó mensualmente la presencia y desprendimiento de la prolongación (proceso) uretral, cuando esto sucedió se realizó la electro eyaculación con el fin de determinar características macro y microscópicas del semen, se realizaron al menos cuatro evaluaciones en los machos. En este estudio la edad de la pubertad se definió cuando un 80% de los corderos tenían el proceso uretral libre del glande de todas las adherencias prepuciales y llegaban a una concentración mínima de 150

* 10^6 Spz/ml con más del 30% de motilidad progresiva individual; lo mínimo para que una oveja pueda quedar fecundada. Se encontraron diferencias para los grupos raciales siendo más precoces los machos cruzados que los puros; los corderos SO, KO alcanzaron la pubertad a los 6 meses de edad con un peso vivo de 20 ± 2.9 Kg y 23.3 ± 4,5 Kg respectivamente y los OPC a los 8 meses de edad con un peso vivo de 17,2 ± 4.0 Kg. Se concluye que el peso vivo y el perímetro escrotal son las variables más prácticas para la determinación de la edad a la pubertad en los corderos, dada su relación estrecha con la calidad seminal. Estas variables se relacionan con características del desarrollo reproductivo del cordero como el desprendimiento del proceso uretral, la presencia del mediastino testicular, el volumen testicular y las características seminales todas estas más dispendiosas para su evaluación en las actividades del campo. Las diferencias raciales indican que las razas Katahdin y Santa Inés pueden aportar precocidad a la raza OPC y esa mejora puede atribuirse a la heterosis entre las diferentes razas, que fue el factor genético más importante lograda en estos cruces.

Palabras clave: madurez sexual, ovinos criollos, precocidad, testosterona, perímetro testicular.

ABSTRACT

In male selection, the high heritability of sexual precocious characteristics, which together with the fertility of each individual have great impact on the economic success of sheep farming. The exploitation of precocious animals with high fertility is an alternative to increase the income of communities that have sheep production systems and live in the conditions of the Colombian low tropics. The objective of this study is to describe the characteristics of the onset of puberty in males in Colombian Hair sheep (OPC) and their crosses with Katahdin and Santa Inés in a farm located in Villavicencio, Meta. Fourteen lambs distributed in three biotypes were evaluated; Five males OPC x OPC, five males Santa Inés x OPC (SO) and four males Katahdin X OPC (KO) from four months of age. The lambs were kept during the day in the pasture and at night they were taken to the sheepfold. The live weight (PV) was measured monthly, the scrotal perimeter (PE), width and length were calculated to calculate the testicular volume (VT) by means of the ellipsoid formula. Blood samples were taken to determine plasma testosterone by the immunoenzymatic technique (ELISA) and ultrasound of the two testes was performed to determine the presence of the testicular mediastinum. The presence and detachment of the urethral prolongation (process) was evaluated monthly, when this happened the electro ejaculation was performed in order to determine macro and microscopic characteristics of semen, at least four evaluations were performed in males. In this study the age of puberty was defined when 80% of the lambs had the glans-free urethral process of all preputial adhesion and reached a minimum concentration of $150 * 10^6$ Spz / ml with more than 30 % Of individual progressive motility; The minimum so that a sheep can be fertilized. Differences were found for racial groups, with cross males being more precocious than pure ones; SO, KO lambs reached puberty at 6 months of age with a live weight of 20 ± 2.9 kg and 23.3 ± 4.5 kg respectively and OPC at 8 months of age with a live weight of 17.2 ± 4.0 Kg. It is concluded that live weight and

scrotal circumference are the most practical variables for the determination of age at puberty in lambs, given their close relationship with seminal quality. These variables are related to characteristics of the reproductive development of the lamb, such as the detachment of the urethral process, the presence of the testicular mediastinum, the testicular volume and the semen characteristics, all of which are more expensive for evaluation in the field activities. Racial differences indicate that the Katahdin and Santa Inés races can bring precocity to the OPC race, and this improvement can be attributed to heterosis among the different races, which was the most important genetic factor achieved in these crosses.

Keywords: sexual maturity, creole sheep, precocity, testosterone, testicular perimeter.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el trópico colombiano se han realizado algunos estudios sobre el inicio de la pubertad en corderos de pelo colombiano. En las razas Mora, Romney Marsh, Criollo Colombiana y Hampshire la pubertad en los corderos en el trópico alto colombiano (Avellaneda, Rodríguez, Grajales, Martínez, & Vasquez, 2006), no encontraron diferencias entre las razas en cuanto a la edad a la pubertad, pero si en el peso vivo y el perímetro escrotal y la pubertad en la raza Criolla se presentó a las 33 semanas con un peso vivo de 26.9 Kg y un perímetro escrotal de 20.8 cm. El presente trabajo pretende aportar información a la comunidad académica en relación a la siguiente pregunta: ¿A qué edad se presenta la pubertad en ovinos de pelo Colombiano y sus cruces con condiciones del trópico bajo colombiano teniendo en cuenta las medidas testiculares, peso vivo, concentración sérica de testosterona y calidad espermática?

El objetivo de la investigación fue analizar algunas características morfológicas del testículo, el perfil de testosterona y espermiograma (concentración y motilidad progresiva) en la pubertad de corderos de la raza ovino de pelo colombiano (OPC) y sus cruces con Katahdin y Santa Inés bajo condiciones de una finca en el piedemonte llanero de Colombia.

Los parámetros necesarios para desarrollar programas de mejoramiento genético basados en mediciones testiculares y otras variables, para la mejora directa de la capacidad reproductora del macho y la selección indirecta para la fertilidad de la hembra no están al alcance de la mano para los productores de ovinos en Colombia, temas en los que hay escasa investigación y pocas publicaciones. Este proyecto se desarrolló en un sistema ganadero ovino en el cual se desea encontrar mediante cruzamientos de ovinos de pelo Colombiano con animales introducidos recientemente, crías que presenten mayor precocidad y al mismo tiempo aprovechar estas características de la raza como su adaptabilidad al trópico, su habilidad notable para adaptarse a condiciones adversas, situaciones de mala nutrición y diferentes

niveles de altitud (González, Grajales, Manrique, & Téllez, 2011) y brindar al sector productivo una ayuda en el aumento de la productividad de las granjas en Colombia. Los estudios interesados en caracterizar los diferentes estados sexuales (especialmente pubertad) en corderos machos jóvenes en trópico colombiano son limitados o pocos, ante lo cual este trabajo presenta información en torno a este tema, aportar información a la comunidad educativa y también poder brindarle al sector productivo una ayuda en el aumento de la productividad de las granjas en Colombia.

La precocidad sexual y la fertilidad tienen gran impacto en el éxito económico en las ganaderías ovinas, así este desarrollo puberal temprano en los corderos se asocia con un aumento gradual y rápido del peso corporal, crecimiento que puede mejorar considerablemente en la edad puberal (3 a 6 meses de edad) (Emsen, 2005), pues el peso corporal está más correlacionado con las mediciones testiculares que con la edad (Salhab, Zarkawi, Wardeh, Al-Masri, & Kassem, 2001). En la selección de los machos, el perímetro escrotal presenta alta heredabilidad y posee una correlación genética favorable con la precocidad sexual y la longevidad reproductiva de las hembras emparentada, se pueden obtener buenas respuestas selectivas y proveer alternativas en la elaboración de estrategias adecuadas de selección para fertilidad, en conjunto con las demás características de interés económico (Matos & Thomas, 1992; Rege et al., 2000a; Toe et al., 2000).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Analizar algunas características morfológicas del testículo y el pene, el perfil de testosterona y espermiograma (concentración y motilidad progresiva) en la pubertad de corderos de la raza ovino de pelo colombiano (OPC) y sus cruces con Katahdin y Santa Inés bajo condiciones de una finca en el piedemonte llanero de Colombia.

1.3.2 Objetivos específicos

- Asociar la edad y el peso con los cambios en el espermiograma en de corderos de la raza ovino de pelo colombiano (OPC) y sus cruces con Katahdin y Santa Inés bajo condiciones de una finca en el piedemonte llanero de Colombia

- Determinar los cambios en dimensiones y ultrasonografía del testículo y la presencia de proceso uretral de corderos de la raza ovino de pelo colombiano (OPC) y sus cruces con Katahdin y Santa Inés bajo condiciones de una finca en el piedemonte llanero de Colombia.

- Determinar los perfiles de testosterona al inicio de la pubertad en de corderos de la raza ovino de pelo colombiano (OPC) y sus cruces con Katahdin y Santa Inés bajo condiciones de una finca en el piedemonte llanero de Colombia.

2. MARCO TEÓRICO

La población de ovina en Colombia está constituida por un total de 1´423274 ejemplares distribuidos principalmente en los departamentos; la Guajira (46,69%), Boyacá (8,04%), Magdalena (7.71%), Córdoba (5.55%) y Cesar (5.41%) que agrupan el 73.39% de esta población (ICA, 2016).La principal raza ovina en Colombia es el ovino criollo-ovino de pelo colombiano (OPC), una raza acorde a la producción cárnica en sistemas extensivos, manteniendo una buena adaptación a las condiciones ambientales a las cuales están expuestos (Montes et al., 2013), la producción cárnica ovina en Colombia, comienza con la cría de reproductores y vientres de reemplazo que son los encargados de mantener la genética de los animales criados en el país, estos animales originan el pie de cría que abastecen apriscos y rebaños de ovejas, estos animales son los predestinados para la ceba y posterior sacrificio en el frigorífico (Espinal, Martinez, & Amezquita, 2006).Según el DANE se exporto durante el periodo 1991 a julio de 2006 un total de 4311 toneladas de carne ovina, con una tasa de crecimiento de -3%. Sin embargo existe un gran potencial para estos productos, ya que en la actualidad no existe la calidad ni los volúmenes requeridos por el mercado internacional para incrementar las exportaciones de la cadena (Espinal et al., 2006; Vargas & Lombana, 2014).Dada la resistencia al cambio de los productores a modificar sus procesos y procedimientos tradicionales, y quienes buscan su apalancamiento económico en mercados locales o regionales con bajos niveles de calidad y competitividad, fenómeno que conduce a una pasividad productora, poco interesada en alcanzar mayores niveles tecnológico y productivos. De ahí que el paulatino progreso tecnológico del subsector se encuentre en una etapa de absorción especialmente en lo referente a la genética, la reproducción, la nutrición y la salud animal (Garay & Assmus, 2013), por esto es importante

articular estas deficiencias con paquetes tecnológicos de fácil acceso orientado al mejoramiento de los parámetros productivos de la granja.

La precocidad sexual y la fertilidad tienen gran impacto en el éxito económico en las ganaderías ovinas, así este desarrollo puberal temprano en los corderos se asocia con un aumento gradual y rápido del peso corporal, crecimiento que puede mejorar considerablemente en la edad puberal (3 a 6 meses de edad) (Emsen, 2005), pues el peso corporal está más correlacionado con las mediciones testiculares que con la edad (Salhab et al., 2001). En la selección de los machos, el perímetro escrotal presenta alta heredabilidad y posee una correlación genética favorable con la precocidad sexual y la longevidad reproductiva de las hembras emparentada, se pueden obtener buenas respuestas selectivas y proveer alternativas en la elaboración de estrategias adecuadas de selección para fertilidad, en conjunto con las demás características de interés económico (Matos & Thomas, 1992; Rege et al., 2000; Toe et al., 2000).

2.1 Pubertad

La pubertad en el macho se ha definido desde diferentes puntos de vista; está relacionada estrechamente con el crecimiento testicular (Elmaz, Dikmen, Cirit, & Demir, 2008), aumento en los niveles de testosterona, inicio de la espermatogénesis y la conducta de apareamiento (Aisen, 2004).

La pubertad se presenta cuando un macho produce suficientes espermatozoides (Spz) para fecundar a una hembra y es capaz de depositarlos en el tractor reproductivo femenino después de un buen desprendimiento de su proceso uretral. Por razones prácticas se

determinó que una concentración mínima de 150 * 10^6 Spz/ml según lo mencionado por Daza (1997), para que una oveja pueda quedar fecundada son necesarios de 150 a 1000 * 10^6 Spz/ml, y que más del 30% de estos tengan una motilidad progresiva individual se asocia con una actividad púber en estos machos y que un 80% de los corderos tengan el proceso uretral libre del glande de todas las adherencias prepuciales (Fuenmayor, Martínez de Acurero, Valle, Quintana, & Regueiro, 1990; Souza, Moura, De Lima, & Ciriaco, 2000), pues este período puberal se asocia con un rápido crecimiento testicular, cambios en el patrón de secreción de LH, un aumento gradual de la testosterona en la sangre, y la iniciación de la espermatogénesis (Amann & Schanbacher, 1983; Pelletier, Carrez-Camous, & Thiery, 1980).

La presencia de espermatozoides móviles en el eyaculado a los 125 días de nacidos se relacionó con el inicio de la pubertad en corderos de la raza Pelibuey en el altiplano Mexicano (Tron, Alvarez, & Aguade, 1987). Los niveles de hormonas gonadales se correlacionaron positivamente en los corderos prepuberales y la pubertad con el tamaño de los testículos en corderos Suffolk, por lo tanto esta relación demostró que al inicio de la pubertad; los niveles de testosterona, la hormona folículo estimulante, la hormona luteinizante, la prolactina, el tamaño de los testículos y la calidad del semen son importantes para predecir la pubertad en corderos (Langford, Shrestha, Sanford, & Marcus, 1998).

Martínez & Malagón (2005) y Ocampo (2014) entre otros autores han estudiado el Ovino de Pelo Colombiano en su caracterización de diversidad genética, pero limitados estudios evalúan la pubertad en los machos. Avellaneda, Rodríguez, Grajales, Martínez, & Vasquez (2006) en las razas Mora, Romney Marsh, Criollo Colombiano y Hampshire estudiaron la pubertad en los corderos en el trópico alto Colombiano, no encontraron diferencias entre las razas en cuanto a la edad a la pubertad, pero si en el peso vivo y el perímetro escrotal y la

pubertad en la raza Criolla se presentó a las 33 semanas con un peso vivo de 26,9 Kg y un perímetro escrotal de 20,8 cm.

2.2 Cambios en el crecimiento testicular y desprendimiento del proceso uretral

2.2.1 Perímetro escrotal, proceso uretral, edad y peso:

El potencial de las mediciones testiculares, particularmente el perímetro escrotal, se ha establecido como criterio de selección para la mejora de la fertilidad en el ganado (Toe et al., 2000). El perímetro escrotal es un rasgo de heredabilidad alta, es considerado como un excelente índice de la producción de espermatozoides en el carnero (Somavilla, Dias, & Teixeira, 2012). Por otra parte, el perímetro escrotal (PE), el volumen testicular (VT) y la producción seminal están altamente correlacionados en animales prepúberes. La medida del diámetro testicular puede dar una estimación relativamente confiable de la habilidad de los jóvenes, el PE es una medida muy fácil de tomar, repetitiva, altamente heredable (Rege et al., 2000; Somavilla, Dias, & Teixeira, 2012) y está relacionada con parámetros reproductivos muy importantes como edad a la pubertad (Espitia, Prieto, & Cardozo, 2006; Kafi et al., 2004).

Salhab, Zarkawi, Wardeh, Al-Masri, & Kassem (2001) encontraron que el mayor crecimiento en todas las mediciones testiculares comenzó a los 7 meses de edad, cuando los corderos pesaban un promedio de 34,6 kg (con un PE de 18 cm) y duraron hasta los 9 meses de edad en la que pesaron 43,2 kg (con un PE de 25 cm). El rápido crecimiento testicular indica que la división del epitelio germinal y la actividad espermatogénica ya ha comenzado y que corderos alcanzan la pubertad en esta etapa (Salisbury et al., 1978 citado por Salhab et al., 2001). Avellaneda, Rodríguez, Grajales, Martínez, & Vasquez (2006) buscaban determinar la pubertad en los corderos en trópico alto Colombiano, de acuerdo con las

características corporales, la calidad y la cantidad del eyaculado. Encontraron que la pubertad se presentó en la raza Criolla a las 33 semanas (peso vivo 26,9 Kg y perímetro escrotal 20,8 cm) y no encontraron diferencias estadísticas en cuanto a la edad a la pubertad, pero si en el peso vivo y el perímetro escrotal.

En el cordero al nacer hay una adherencia del proceso uretral con la mucosa prepucial, esta adherencia se rompe gradualmente a medida que el cordero va creciendo y se relaciona también con su desarrollo sexual (Watson, Sapsford, & McCance, 1956). El proceso de desarrollo se puede dividir en cinco etapas bastante bien definidos: (1) condición infantil, (2) Proceso de uretral libre, (3) punta del glande del pene libre, (4) libre a la parte inferior de glande del pene o ligeramente por debajo y (5) estado adulto (Fuenmayor et al., 1990; Wiggins & Terrill, 1953).

2.2.2 Ecografía testicular y presencia del mediastino testicular

El mediastino se ubica en el centro del testículo, es una masa de tejido fibroso, contiene numerosos túbulos finos; tabiques pequeños de tejido conectivo de espesor variable, que emergen de la superficie de la túnica albugínea y se extienden en el interior del testículo. Por lo tanto, su presencia y desarrollo, se refleja en la puntuación de ecogenicidad y aumenta con la edad (Gouletsou et al., 2003).

Dentro de los testículos de los machos púberes, se generan una serie de cambios celulares como hormonales, estos cambios son seguidos por liberación de espermátidas maduras en el lumen y su movimiento hacia el mediastino; para visualizar estos procesos se puede hacer una ecografía testicular donde las Imágenes ecográficas se capturan cuando haya una clara visibilidad del mediastino (Ford & Wise, 2011 & Ülker et al., 2005)

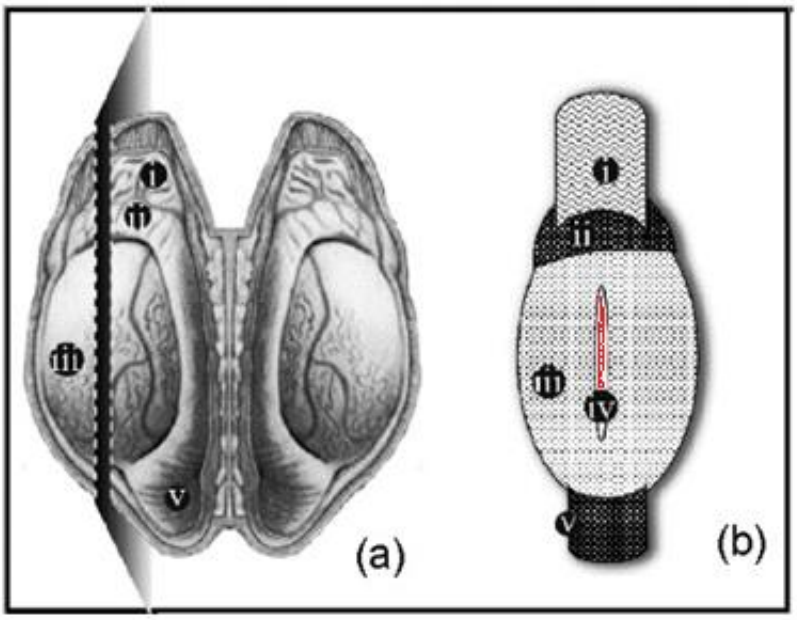

Figura 1.Plano sagital ecográfico: (a) in situ y (b) Representación esquemática. (I) del plexo pampiniforme; (Ii) la cabeza del epidídimo; (Iii) parénquima testicular; (Iv) mediastino testicular; (V) la cola del epidídimo; (Vi) tabique escrotal; (Vii) el cuerpo del epidídimo. Tomado de: Gouletsou et al.(2003)

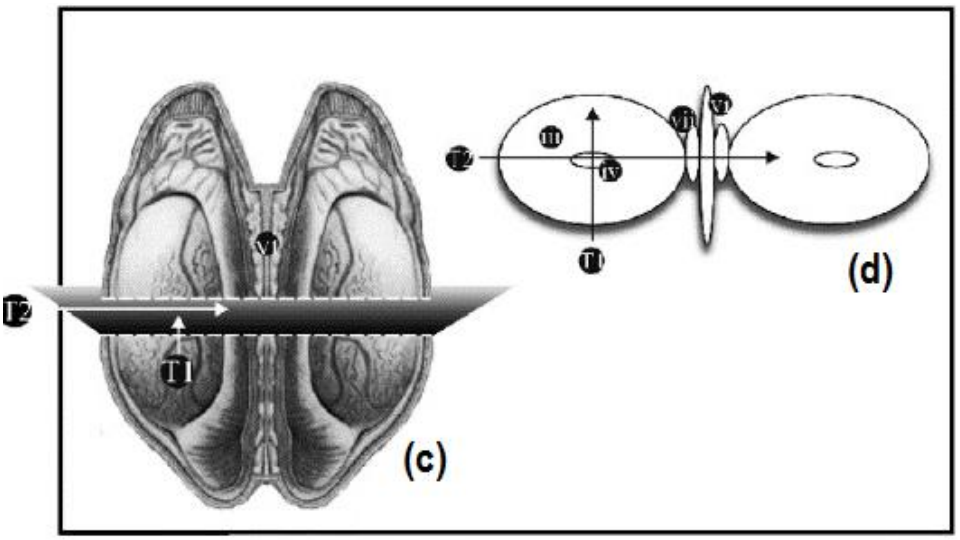

Figura 2. Dorsal plano ecográfico: sección T1, caudal a craneal; T2 sección, lateral a medial: (a) in situ y (b) la representación esquemática. (I) del plexo pampiniforme; (Ii) la cabeza del

epidídimo; (Iii) parénquima testicular; (Iv) mediastino testicular; (V) la cola del epidídimo; (Vi) tabique escrotal; (Vii) el cuerpo del epidídimo. Tomado de: Gouletsou et al.(2003)

El mediastino en imagen ecográfica aparece como una estructura central altamente ecogénica delgada (Ülker et al., 2005). Gouletsou et al. (2003) estudió la intensidad de ecogenicidad de diferentes estructuras del testículo en corderos de la raza Karagouniko en Grecia; entre las estructuras evaluadas se encuentra el mediastino testicular, el cual estuvo presente en el 87% de los carneros y 77% de los testículos; y su puntuación ecogenicidad media fue de 2 (rango: 0-3), entre carneros de 13 meses de edad o mayores (púberes) y 1 entre carneros menores de 13 meses (pre púberes).

2.3 Niveles de testosterona en evaluación de la pubertad:

Durante el período prepuberal se inicia la secreción pulsátil de la GnRH, la frecuencia de la descarga de la LH se aumenta y la producción periódica de testosterona (T) por las células de Leydig, la T se concentra dentro de los testículos en altas cantidades, los túbulos seminíferos son bañados por un líquido que contiene una alta concentración de T, y como resultado directo de los 3 a 8 episodios de exposición a un nivel elevado de esta hormona, se mantiene una alta concentración intratubular, lo cual es esencial para mantener una espermatogénesis normal; una gran parte de la T vertida en los túbulos seminíferos se convierte en dihidrotestosterona por medio de la enzima 5-alfa-esteroide-reductasa y otra parte se transforma en estrógenos por la enzima aromata (Wheaton &Godfrey, 2003 y revisado por: Torres, Pérez, & Pérez, 2010).

Chakraborty, Stuart, & Brown (1989) evaluaron los cambios en las concentraciones de hormonas en suero y el inicio de la pubertad en un grupo de ocho machos caprinos de la raza Nubia desde el nacimiento a través de 44 semanas de edad, en la que la hormona (LH) luteinizante en concentraciones en suero fueron elevados entre el nacimiento y 20 semanas de edad, luego disminuyeron coincidentemente con un aumento en la concentración de testosterona en suero. Las concentraciones de testosterona en suero en estos machos caprinos fueron bajas en las primeras 20 semanas de edad, se incrementaron a niveles máximos en el momento de la pubertad y luego se redujeron a niveles de adulto, esto indica que la testosterona es probablemente un importante regulador de la maduración de los espermatozoides y del inicio de la pubertad en el macho.

En otra investigación realizada por Wańkowska et al. (2010) en corderos de la raza Longwool en Polonia demostraron que la concentración media de testosterona en corderos entre 9 y 16 semanas de edad, en el período infantil fue inferior (0.11± ng/ml) comparado con el del inicio de la pubertad (1.91 ± 0.285 ng/ml).

Avellaneda et al. (2006) encontraron que la raza Criolla presentó una mayor edad a la pubertad comparada con las razas Mora Colombiana, Romney Marsh y Hampshire. Avellaneda et al. (2006) determinaron la pubertad de estos machos por valoración de testosterona sérica, demostrando una segunda elevación en los niveles de testosterona, ocurrida a las 32 semanas de edad con un valor promedio de 0.78 ng/ml, que coincide con el tiempo al que se alcanza la pubertad. Sin embargo descubrieron que la raza criolla a la edad de 33 meses tenía una concentración de 0.4630 ng/ml. Pastrana & Calderon (1996) afirman que en los ovinos criollos colombianos las tasas de fertilidad y prolificidad son altas comparado con las otras razas foráneas, no presentan la pubertad a una menor edad, por lo cual dicha relación no se puede ratificar hasta no realizar investigaciones en este aspecto.

2.4 La espermatogénesis

Los espermatozoides se producen en los testículos por un proceso llamado espermatogénesis que requiere de 5 a 9 semanas. La espermatogénesis es un proceso que implica una secuencial mitosis y meiosis que concluye después con la diferenciación de una espermatida esférica a un especializado espermatozoide, estos es se liberan continuamente al epitelio del túbulo seminífero (Senger, 2005).

La producción de espermatozoides tarda unos 49 días (7 semanas) en carneros, el tamaño de los testículos es un buen indicador de la capacidad de producir espermatozoides en los carnero (Schoenian, 2012), es así como el crecimiento testicular es lento del segundo al tercer mes del nacimiento y se acelera al iniciar la espermatogénesis (4 a 5 meses); la cual se relaciona más con la edad fisiológica, que con la edad cronológica; y después de alcanzar la pubertad se hace lento otra vez (Courot y Ortavant, 1981 citado por Morón, Ochoa, Trejo, & Díaz, 2012, p.4).

El control hormonal de la espermatogénesis está fundamentado por la FSH que es conocida por estimular los túbulos seminíferos directamente, mientras que la LH estimula las células de Leydig para producir andrógenos, que a su vez estimula el compartimiento tubular, en cuanto a los mecanismos de la gonadotropina y la hormona androgénica son dependientes para la espermatogénesis, se ha sugerido que en el animal prepuberal, la formación de espermatocitos primarios no requiere estimulación de la hormona, y que la testosterona es necesaria para la meiosis y la FSH para la finalización de la espermatogénesis y junto a la LH son necesarios para la división meiótica (Senger, 2005).

En la pubertad, la calidad y la cantidad de los espermatozoides en el eyaculado del carnero es pobre, ya que presentan una baja motilidad y con alto contenido de espermatozoides muertos y anormales (Morón et al., 2012). El semen eyaculado contiene espermatozoides con buena movilidad por primera vez a partir de 17 semanas de edad (Nishimura et al., 2000).

Avellaneda et al. (2006) en corderos de las razas Mora Colombiana, Romney Marsh, Criollo Colombiana y Hampshire en el trópico alto colombiano encontraron que las características seminales evolucionan rápidamente en los primeros meses de edad y que la calidad seminal del primer eyaculado es baja por el escaso desarrollo del tracto reproductivo de los corderos, se relacionaron más con el peso y el perímetro escrotal. Tomando como referencia para la pubertad las características seminales de concentración > 150 x 10^6Spz/ml, morfología normal > 50% y motilidad progresiva lineal > 30% encontraron las diferencias entre las razas Mora, Romney, Criolla y Hamshire con respecto a las semanas de edad a la cual se presentó la pubertad (30.5–33.5 - 33 - 28 respectivamente).

3. METODOLOGÍA

Se utilizaron 14 corderos productos de montas controladas en hembras sincronizadas en su celo. Las mediciones se realizaron desde los 4 meses de edad. La selección de cada animal se hizo al azar del grupo de corderos nacidos de estas montas, con diferencias en los nacimientos alrededor de cinco días. El grupo OPC (n=5) correspondió a corderos productos de la monta de un macho OPC con hembras OPC, el grupo SO (n=5) incluyó corderos productos de las montas de un macho Santa Inés con hembras OPC, y el grupo KO (n=4) correspondió a corderos productos de la monta de un macho Katahdin con hembras OPC.

Desde el nacimiento hasta el destete los corderos tuvieron libre acceso a agua, permanecieron con sus madres, pastorearon en el día y en la noche se alojaron en el aprisco. Los corderos se destetaron a los 3 meses de edad, se desparasitaron de acuerdo con el esquema de la finca, se les aplicó un suplemento vitamínico, luego del destete se mantuvieron en el día en pastoreo y en las noches en el corral.

3.1 Ubicación geográfica

El estudio se realizó en la Subregión del piedemonte llanero colombiano, en la Finca la Palmita perteneciente a la Congregación de los Hermanos de las escuelas cristianas, ubicada en la vereda Apiay de la ciudad de Villavicencio, departamento del Meta, localizado a los 04° 09' 12" de latitud norte y 73° 38' 06" de longitud oeste y a una altura de 467 msnm con una temperatura media de 25.5 °C y una precipitación pluvial promedio de 3856 mm al año.

3.2 Manejo experimental y variables:

Los tres grupos de corderos (OPC, SO y KO) se mantuvieron en las mismas condiciones experimentales y a partir de los cuatro meses, se determinó cada dos meses las mediciones teniendo en cuenta su fecha de nacimiento.

Las dimensiones del testículo consistieron en perímetro escrotal (PE), ancho y largo de cada testículo. Para medir el PE los testículos se hicieron descender a la bolsa escrotal de manera simétrica, con una cinta métrica, se tomó el perímetro en la zona de mayor ancho abarcando los dos testículos. El ancho y largo de los testículos se midieron con un calibrador y posteriormente se calculó el volumen testicular. Se tomaron medidas de la longitud del testículo excluyendo el corpus el epidídimo caudal. El ancho se midió en el punto máximo de dimensión del escroto, para excluir el cuerpo del epidídimo y el conducto deferente se hizo una suave presión hacia abajo en el cuello del escroto para máxima distensión.

El volumen y el peso testicular están altamente correlacionados, por lo tanto; las medidas de longitud y ancho usadas en la predicción del volumen tienen un coeficiente de correlación contra el volumen real y el peso testicular (Milczewski, Chahad-Ehlers, Spercoski, Morais, & Thomaz Soccol, 2015). Después de registrar las medidas testiculares, para calcular el volumen testicular, se utilizó la ecuación básica elipsoide utilizada por Milczewski, Chahad-Ehlers, Spercoski, Morais, & Thomaz Soccol (2015) y Prader (1966), teniendo en cuenta un factor de corrección (k) para el espesor del escroto.; $VT = \frac{4}{3} * \pi * \left(\frac{L-k}{2}\right) * (\frac{A-k}{2})^2$, donde **VT**= volumen testicular (cm^3), **L** = longitud del testículo (cm), A= anchura de testículo (cm) y k = espesor de escroto (0.2 cm). Esta medida del volumen testicular reveló una forma eficaz de evaluar el tamaño testicular, en base a los resultados con volumen, una correlación significativa entre el volumen calculado y medido, el volumen proporciona una alta

confianza en el método utilizado en el trabajo realizado por Milczewski et al. en ovinos en el 2015.

La ecografía testicular se realizó con el fin de verificar la presencia del mediastino, con el cordero en decúbito dorsal, se adicionó sobre la piel escrotal carboximetilcelulosa. Se realizó en cada testículo un barrido inicialmente longitudinal y posteriormente transversal, se grabaron las imágenes de ultrasonido de cada plano y testículo.

La presencia y desarrollo del proceso uretral en los corderos se realizó mediante retracción del prepucio y exposición del pene, para observar si el proceso se encuentra pegado al glande y ya estaba en su estado adulto según la clasificación utilizada en el estudio de Fuenmayor, Martínez de Acurero, Valle, Quintana, & Regueiro (1990).

En la evaluación mensual luego de verificar el desprendimiento de la prolongación uretral, se tomó una muestra de eyaculado mediante electroestimulación transrectal con electro eyaculador (Electro Jac5 ©) y una sonda pequeña modificada para corderos. La sonda lubricada se introdujo en el recto previamente evacuado de materia fecal y lubricada nuevamente. La electroestimulación se realizó inicialmente de manera automática y no superaron los 8 mV. El pene se expuso y se sujetó con una gasa húmeda con solución salina.

El eyaculado obtenido se sometió a evaluación microscópica;

La determinación del porcentaje de espermatozoides motilidad lineal progresiva se efectuó utilizando microscopio óptico. Una gota de 10 micro litros del eyaculado se colocó sobre una lámina de vidrio, se cubrió con una laminilla de vidrio y observo con un objetivo de 40X y ocular de 10X. Bajo este aumento se estimó el porcentaje de espermatozoides con movimiento lineal progresivo de acuerdo a la metodología propuesta por Brockett, Presicce, Foote, Kaproth, &Rycroft (1994).

La concentración espermática se evaluó mediante la cámara de Neubauer y se confirmó con el Spermacue minitube bovino, un fotómetro que usa muestras no diluidas de semen fresco e indica la densidad de semen en espermatozoides/ml. Todos estos datos fueron obtenidos cada mes hasta que los corderos cumplieron doce meses de edad.

Al siguiente día en la mañana luego de las evaluaciones se obtuvieron las muestras de sangre a todos los corderos mediante venopunción en la yugular con tubos vacutainer tapa verde que contienen heparina de sodio, se obtuvo el suero por centrifugación a 1500G por 15 minutos y se preservó congelado a -20ºC para la posterior determinación de la testosterona. La determinación de testosterona se realizó por prueba indirecta cualitativa de ELISA.

3.3 Análisis de los datos:

Los datos de cada una de las variables se sometieron a un análisis descriptivo: medias, medianas, máximos, mínimos, desviación estándar y también se analizaron para las diferentes variables utilizando los modelos lineales generales (GLM) para medidas repetidas, usando un ANOVA.

4. RESULTADOS

Se evaluaron durante ocho meses a 14 corderos cada dos meses se les determinaron características de crecimiento corporal y de inicio de la pubertad, pertenecientes a ovinos de pelo colombiano (OPC) y sus cruces con Santa Inés (SO) y Katahdin (KO).

Se evidenció un efecto de grupo en los cambios de peso durante el desarrollo de los corderos, presentando mayor incremento en el peso vivo el grupo KO. Se encontró efecto de tiempo en los cambios de peso; el cual se incrementó significativamente desde el mes 4 hasta el mes 12, manteniendo una tendencia aumentar con el paso del tiempo (Figura 3). Se observó una interacción entre grupo y tiempo en los cambios de peso y se encontró diferencia significativa en el peso entre grupos en todos los meses.

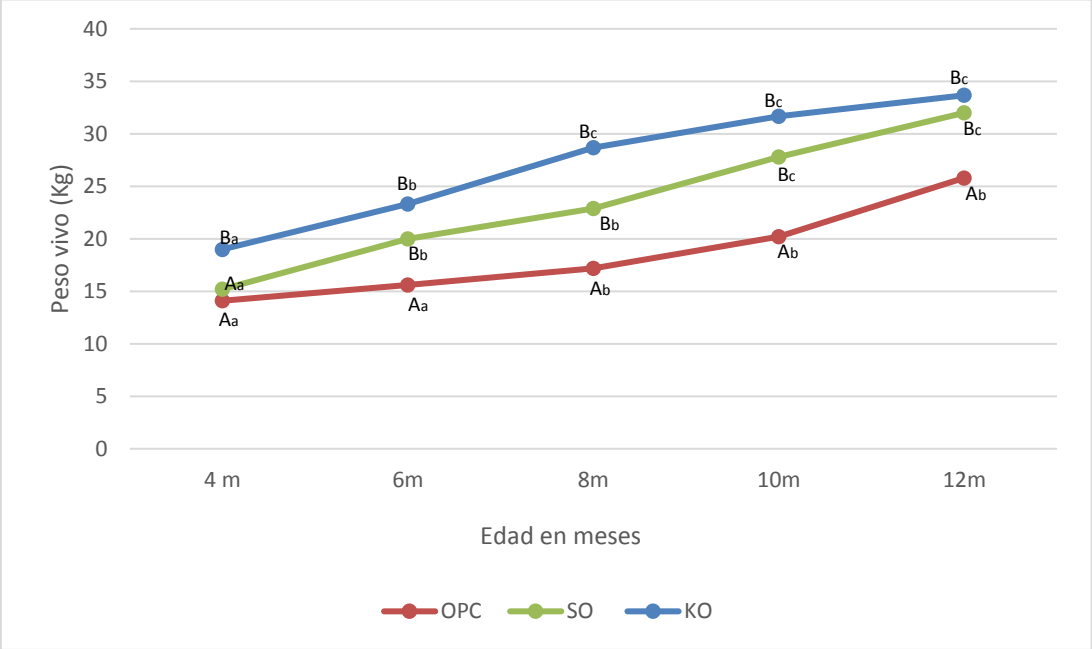

Figura 3. Curva de desarrollo del peso, entre los 4 y 12 meses de edad, en corderos OPC y sus cruces (A, B Diferencias entre el genotipo en el tiempo. a-c Diferencias entre los puntos temporales dentro del genotipo).

El perímetro escrotal presentó un efecto de grupo, con diferencias significativas entre meses. El PE se incrementó desde el mes 6 hasta los 12 meses de edad (Figura 4). Se encontró una interacción entre grupo y mes en los cambios del perímetro escrotal y finalmente se encontró diferencia significativa en el PE entre los grupos en todos los meses. Los corderos KO y SO tendieron a alcanzar antes el PE escrotal máximo que los OPC a los 12 meses de edad (27.6 ± 2.1 y 27 ± 1.7 vs 22.3 ± 5.3 respectivamente).

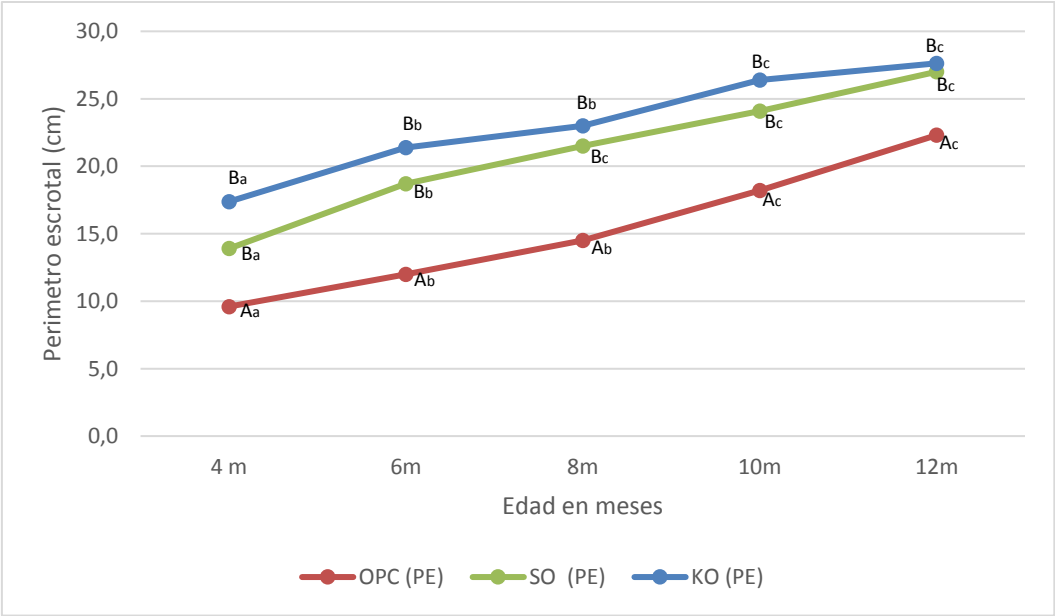

Figura 4. Perímetro escrotal de corderos OPC y sus cruces, entre los 4 y 12 meses de edad (A, B Diferencias entre el genotipo en el tiempo. a-c Diferencias entre los puntos temporales dentro del genotipo).

Las diferencias en el volumen testicular (VT) entre los grupos fue significativa, los corderos KO y SO presentaron mayor VT (136.6 ± 29.5 y 133.0 ± 35.7cm^3) en comparación con los OPC (101.2 ± 32.2cm^3) respectivamente (Figura 5) a los 12 meses de edad.

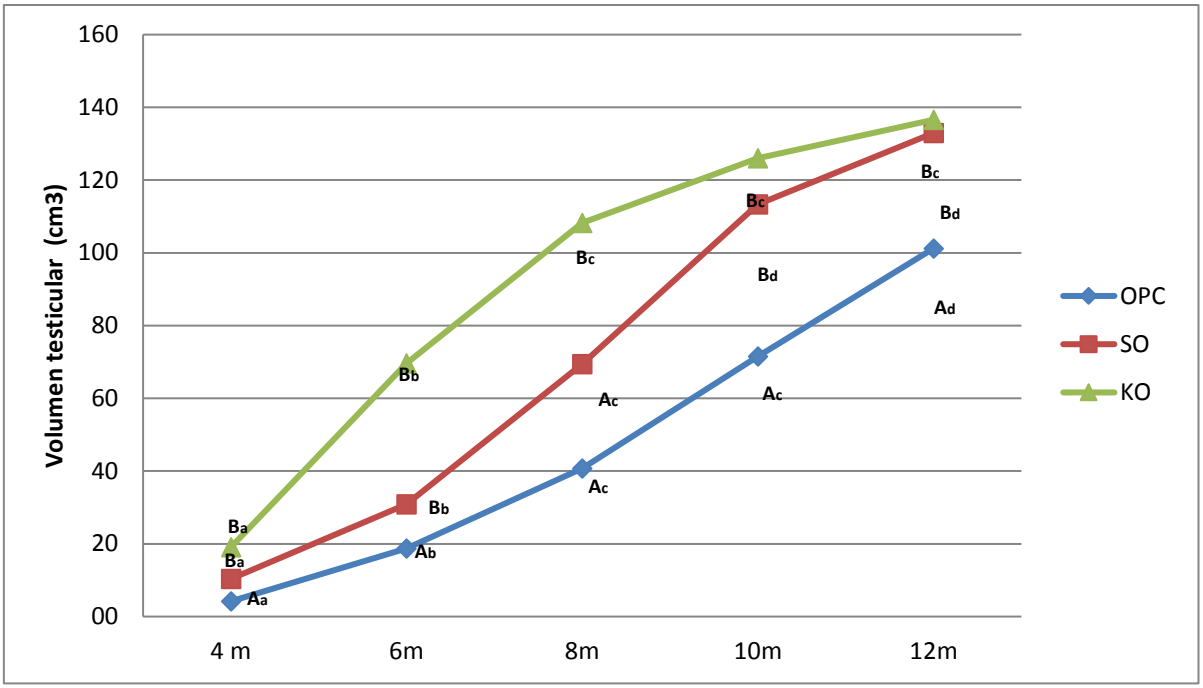

Figura 5. Volumen testicular de corderos OPC y sus cruces, entre los 4 y 12 meses de edad (A, B Diferencias entre el genotipo en el tiempo. a-c Diferencias entre los puntos temporales dentro del genotipo).

La concentración de testosterona evaluada en los tres grupos no presentó diferencias entre grupos. Sin embargo, se presentaron diferencias en las edades de los corderos en la concentración de testosterona, en el mes 8 se registró un aumento importante en la concentración. A partir de este mes fue mostrando variaciones, hasta llegar al mes 12, donde se observó el valor máximo.

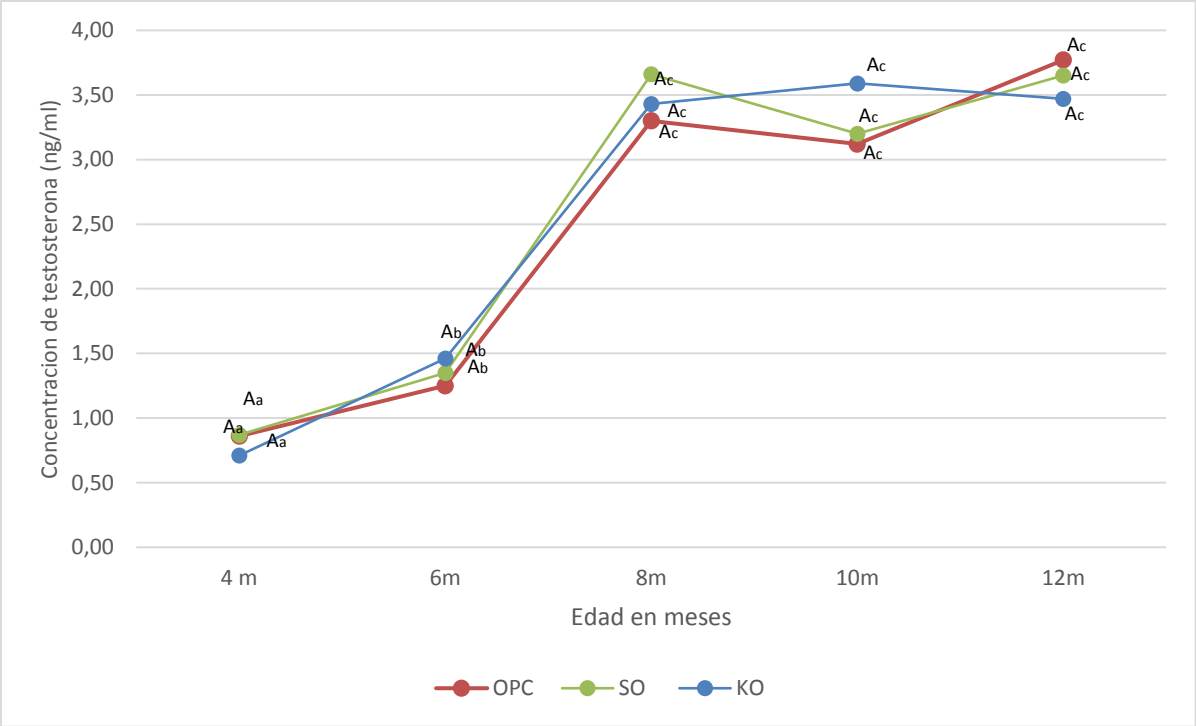

Figura 6. Concentración de testosterona desde el mes 4 al mes 12 de corderos OPC y sus cruces (A, B Diferencias entre el genotipo en el tiempo. a-c Diferencias entre los puntos temporales dentro del genotipo).

La técnica del área bajo la curva es una forma de reducir la dimensión de la clasificación de los datos principalmente cuando hay varias lecturas o evaluaciones a lo largo del ciclo en algún ensayo, el área bajo la curva no es un procedimiento estadístico, es simplemente un proceso de acondicionamiento de una variable que se mide con regularidad en el ensayo (Navarro,2012). En este caso se acondicionó la concentración de testosterona para ser evaluada mediante el área bajo la curva (ABC) el cual presenta una visión de todo el comportamiento de la testosterona; su pico, su descenso o si se mantuvo constante durante la evaluación del estudio en cada genotipo tanto puro como sus cruces. El ABC refleja qué tan preciso es el test lo largo de todo el rango de puntos de corte posibles, comprobados estos requerimientos, deben compararse cada medición con sus respectivas ABC, siendo más

discriminativo el test con la mayor ABC (Cerda & Cifuentes, 2012; Díaz, Viedas, Sánchez, & Bengoa, 2007).

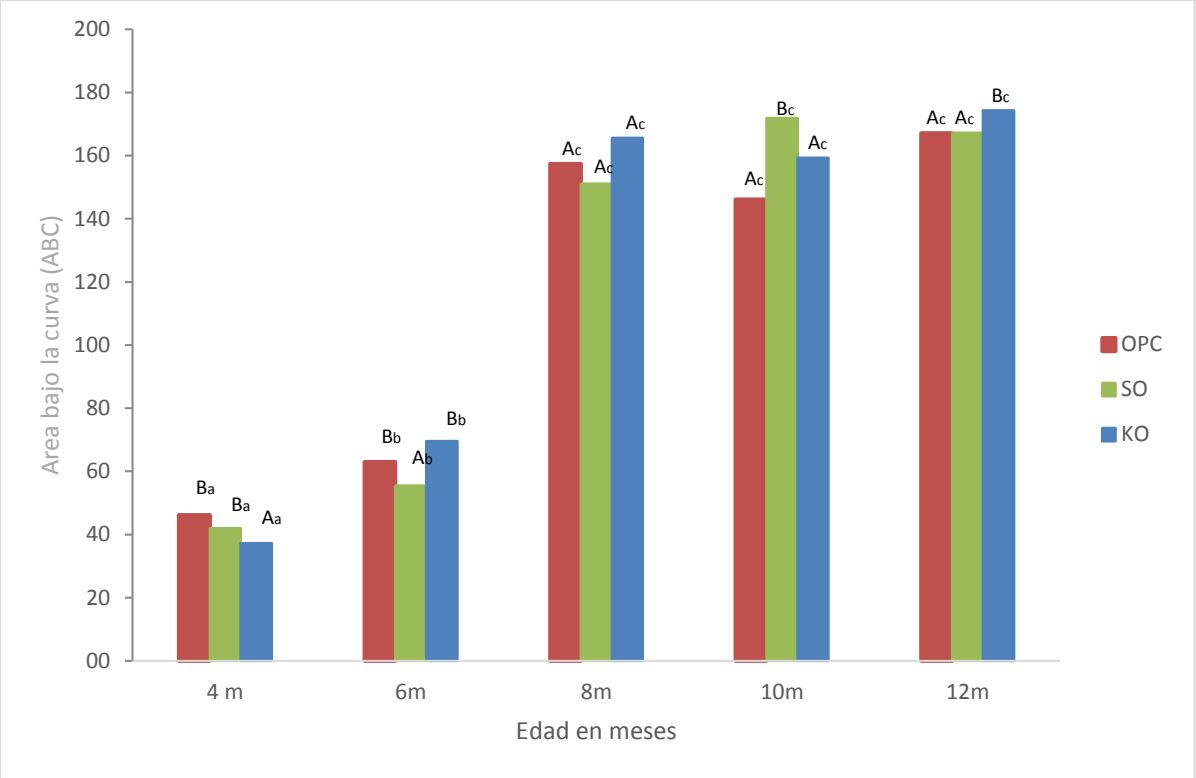

Figura 7. Los valores de área bajo la curva de testosterona (ABC) en corderos OPC y sus cruces, los datos de medición de testosterona sérica mensual de 4- 12 meses en período de estudio se utilizaron para el cálculo (A, B Diferencias entre el genotipo en el tiempo. a-c Diferencias entre los puntos temporales dentro del genotipo).

La concentración de espermatozoides en el eyaculado presentó diferencias entre los grupos y los meses en los cuales se determinó. La concentración espermática incrementó desde el mes 6 hasta el mes 10 y se posteriormente fue similar hasta el mes 12 (Figura 8). En cuanto al porcentaje de espermatozoides móviles progresivos se presentó un incremento desde el mes 6 hasta el mes 10, manteniéndose luego similar hasta el mes 12 (Figura 8).

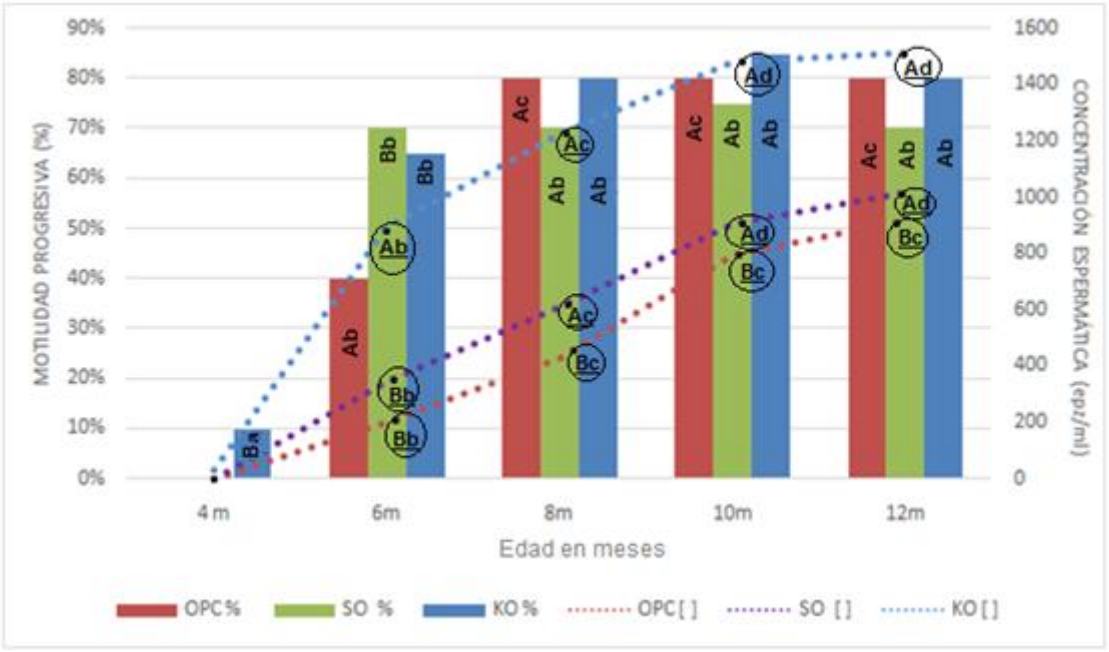

Figura 8. Concentración espermática ([ ] en Spz/ml) y porcentaje de espermatozoides (%) motiles en el eyaculado de los corderos OPC y sus cruces a lo largo del desarrollo/pubertad (A, B Diferencias entre el genotipo en el tiempo. a-c Diferencias entre los puntos temporales dentro del genotipo)

Tabla 1. Edad, concentración media de testosterona, medidas testiculares y características espermáticas en corderos OPC, n=5.

	EDAD (meses)				
ÍTEM	4	6	8	10	12
Peso (kg)	14.1 ± .9^{Aa}	15.6 ± 0.9^{Aa}	17.2 ± 4.0^{Ab}	20.2 ± 4.8^{Ab}	25.8 ± 5.9^{Aa}
Perímetro escrotal (cm)	9.6 ± 1.7^{Aa}	12.0 ± 2.4^{Ab}	14.5 ± 3.2^{Ab}	18.2 ± 5.1^{Ac}	22.3 ± 5.3^{Ac}
Volumen Testicular (cm^3)	4.2 ± 0.1^{Aa}	18.7 ± 4.9^{Ab}	40.7 ± 8.9^{Ac}	71.5 ± 32.5^{Ac}	101.2 ± 32.2^{Ad}
Concentración Testosterona (ng/ml)	0.9 ± 0.2^{Aa}	1.3 ± 0.1^{Ab}	3.3 ± 0.6^{Ac}	3.1 ± 0.3^{Ac}	3.8 ± 0.7^{Ac}
Concentración espermática (epz/ml)	0.0 ± 0.0^{Aa}	200.0± 130.0^{Ab}	430.0 ± 351.2^{Ac}	791.0 ± 291.1^{Ad}	917.0 ± 332.7^{Ad}
Motilidad progresiva (%)	0.0^{Aa}	40.0±10^{Ab}	80.0±15^{Ac}	80.0±10^{Ac}	80.0±15^{Ac}

$^{A, B}$ Diferencias (P <0.05) entre el genotipo en el tiempo. $^{a-c}$ Diferencias (P <0.05) entre los puntos temporales dentro del genotipo.

Tabla 2. Edad, concentraciones medias de testosterona, medidas testiculares y espermáticas en corderos SO, n=5 (Santa Inés x OPC).

	Edad (meses)				
Ítem	4	6	8	10	12
Peso (kg)	15.2 ± .3^{Aa}	20.0 ± 2.9^{Bb}	22.9 ± 3.0^{Bb}	27.8 ± 5.0^{Bc}	32.0 ± 4.9^{Bc}
Perímetro escrotal (cm)	13.9 ± .7^{Ba}	18.7 ± 4.4^{Bb}	21.5 ± 4.5^{Bc}	24.1 ± 3.4^{Bc}	27.0 ± 1.7^{Bc}
Volumen Testicular (cm^3)	10.4 ± .2^{Ba}	30.9 ± 14.7^{Bb}	69.4 ± 12.6^{Ac}	113.4 ± 32.3^{Bd}	133.0 ± 35.7^{Bd}
Concentración Testosterona (ng/ml)	0.9 ± 0.1^{Aa}	1.4 ± 0.2^{Ab}	3.7 ± 0.8^{Ac}	3.2 ± 0.5^{Ac}	3.7 ± 0.3^{Ac}
Concentración espermática(epz/ml)	0.0 ± 0.0^{Aa}	342.8± 223.9^{Bb}	613.3± 422.7^{Ac}	905.9± 317.7^{Ad}	1013.5 ± 442.2^{Ad}
Motilidad progresiva (%)	0.0^{Aa}	70.0±20^{Bb}	70.0±20^{Ab}	75.0±10^{Ab}	70.0±20^{Ab}

$^{A, B}$ Diferencias (P <0.05) entre el genotipo en el tiempo. $^{a-c}$ Diferencias (P <0.05) entre los puntos temporales dentro del genotipo.

Tabla 3. Edad, concentraciones medias de testosterona, medidas testiculares y espermáticas en corderos KO, n=4 (Katahdin x OPC).

	Edad (meses)				
Ítem	4	6	8	10	12
Peso (kg)	19.0±1.6$^{B}_{a}$	23.3 ± 4.5^{Bb}	28.7 ± 5.5^{Bc}	31.7 ± 8.0^{Bc}	33.7 ± 6.4^{Bc}
Perímetro escrotal (cm)	17.4±1.7$^{B}_{a}$	21.4 ± 1.9^{Bb}	23.0 ± 1.2^{Bb}	26.4 ± 1.6^{Bc}	27.6 ± 2.1^{Bc}
Volumen Testicular (cm^3)	19.1±7.9$^{B}_{a}$	69.6 ± 22.6^{Bb}	108.3 ± 43.2^{Bc}	126.1 ± 33.9^{Bc}	136.6 ± 29.5^{Bc}
Concentración Testosterona (ng/ml)	0.7 ± 0.2^{Aa}	1.5 ± 0.1^{Ab}	3.4 ± 0.4^{Ac}	3.6 ± 0.2^{Ac}	3.5 ± 0.3^{Ac}
Concentración espermática (epz/ml)	30.0±10^{Ba}	889.2±536.8^{Bb}	1220.0±422.1$^{B}_{c}$	1477.3±25.8$^{B}_{c}$	1510.0±175.5$^{B}_{c}$
Motilidad progresiva (%)	10.0±5^{Ba}	65.0±20^{Bb}	80.0±10^{Ab}	85.0±10^{Ab}	80.0±10^{Ab}

$^{A, B}$ Diferencias (P <0.05) entre el genotipo en el tiempo. $^{a-c}$ Diferencias (P <0.05) entre los puntos temporales dentro del genotipo.

Tabla 4. Edad a la evaluación del desprendimiento del proceso uretral en corderos OPC, SO (Santa Inés x OPC) y KO (Katahdin x OPC).

	Edad (meses)				
Biotipo corderos	4	6	8	10	12
OPC	0/5 (0%)	1/5 (20%)	2/5 (40%)	4/5 (80%)	5/5 (100%)
SO	4/5 (80%)	4/5 (80%)	5/5 (100%)	5/5 (100%)	5/5 (100%)
KO	3/4(75%)	4/4 (100%)	4/4 (100%)	4/4 (100%)	4/4 (100%)

Tabla 5. Edad, la aparición del mediastino testicular a la ecografía testicular en corderos OPC (OPC x OPC), SO (Santa Inés x OPC) y KO (Katahdin x OPC).

	EDAD (meses)				
Biotipo corderos	4	6	8	10	12
OPC	0/5 (0%)	2/5 (40%)	4/5 (80%)	4/5 (80%)	5/5 (100%)
SO	2/5 (40%)	4/5 (80%)	4/5 (80%)	5/5 (100%)	5/5 (100%)
KO	2/4(50%)	4/4 (100%)	4/4 (100%)	4/4 (100%)	4/4 (100%)

5. DISCUSIÓN

La edad a la pubertad en ovinos varía entre las diferentes investigaciones dependiendo las metodologías y criterios utilizados para determinarla pubertad, los criterios más relevantes y relacionados entre ellos: la presencia de espermatozoides con movimiento progresivo en el eyaculado (Kridli et al., 2006), la edad en que ocurre el desprendimiento del proceso uretral (Fuenmayor et al., 1990; Souza et al., 2000; Valencia, Quiroga, Martínez, Ledesma, & Villalobos, 2005), la edad en la que el eyaculado tiene una concentración determinada de espermatozoides por mililitro ($50 – 150 * 10^6$ Spz/ml), a su vez con una motilidad progresiva superior al 10 al 50%(Avellaneda et al., 2006; Raineri, 2013; Tron et al., 1987; Villasmil et al., 2011) y la evaluación de capacidad de monta como por ejemplo que el cordero sea capaz de completar al menos un servicio con una oveja en celo (Kafi et al., 2004; Kridli & Said, 1999).

La ganancia de peso diaria es un factor determinante en el desarrollo sexual e inicio a la pubertad. La pubertad en los corderos se alcanza cuando logra entre el 50 al 60% de su peso corporal adulto (Pérez, 1996; Ruiz, Rivera, & Ruiz, 1998). Las características fisiológicas de los ovinos de pelo, los hacen adecuados para sistemas de producción sostenible de bajos ingresos en regiones tropicales (Wildeus, 1997). Las razas puras Katahdin y Santa Inés son razas de pelo especializadas para carne desarrolladas en USA y en Brasil, en estos rebaños la selección de los individuos superiores se ha enfocado en la conformación y peso, que han conducido a un aumento en el tamaño y el peso de los animales adultos y la reducción de su tiempo de madurez (da Silva et al., 2012; López, Ramírez, Aguilera, Aréchiga, & Rodríguez, 2010; Turner, Belesky, Cassida, & Zerby, 2014). Los animales OPC también de pelo y utilizados en Colombia para el consumo de su carne no han sufrido procesos de mejoramiento genético específicos, han sido el producto de la adaptación a las condiciones ambientales del trópico bajo colombiano desde su introducción por los españoles (Albarracín

& Sánchez, 2013; Espinal et al., 2006; Martínez & Malagón, 2005). Por lo tanto, como se encontró en los resultados de peso al cruzar con las razas introducidas recientemente se observa una mejoría en los pesos en los diferentes meses.

La pubertad en el macho se relacionada estrechamente con el crecimiento testicular (Elmaz et al., 2008), aumento en los niveles de testosterona, inicio de la espermatogénesis y la conducta de apareamiento (Aisen, 2004).En este estudio se seleccionó la concentración mínima de 150 * 10^6 Spz/ml y más del 30% de estos con motilidad progresiva individual según lo mencionado por Daza (1997); lo mínimo para que una oveja pueda quedar fecundada y que un 80% de los corderos tengan el proceso uretral libre del glande de todas las adherencias prepuciales (Fuenmayor et al., 1990; Souza et al., 2000). Teniendo estos parámetros se encontró que los corderos SO y KO alcanzaron la pubertad a los 6 meses de edad y los OPC a los 8 meses de edad.

Estos resultados concuerdan con una investigación anterior, en la que los animales cruzados alcanzaron la pubertad antes que los puros (Kridli, Abdullah, Mohamed , & Al-Momani, 2006). Por lo tanto, el desarrollo sexual y la edad a la pubertad son afectados de acuerdo con el aporte de precocidad de cada una de las razas cruzadas con el Ovino de Pelo Colombiano en las mismas condiciones del piedemonte llanero. Esta reducción en la edad a la pubertad puede atribuirse a la heterosis entre las diferentes razas, que fue el factor genético más importante lograda en estos cruces (Ferreira, Rosa, Berger, & Thomas, 2015; Kridli et al., 2006).

Los corderos KO y SO alcanzaron la pubertad a pesos similares a diferencia de los corderos OPC que alcanzaron la pubertad a un peso inferior y a una mayor edad, esto indica que el peso corporal es una medición relevante para seleccionar animales reproductores y determinar la edad a la pubertad, pues este se correlaciona con otras variables morfológicas

y andrológicas (Alexopoulos, Karagiannidis, & Tsakalof, 1991; Bilaspuri & Singh, 1992; Elmaz, Dikmen, Cirit, & Demir, 2008; Koyuncu, Kara Uzun, Ozis, & Duru, 2005).

En los ovinos como en otras especies se han demostrado correlaciones positivas y significativas entre el perímetro escrotal y el peso corporal (Koyuncu et al., 2005; Morón et al., 2012). Se han encontrado estas relaciones en razas de pelo para la producción de carne como la Awassi con PE 20.41cm y PV de 36 Kg a los 6 meses de edad a la pubertad es decir una pubertad con el 60% del PV adulto (Bilgin, Emsen, & Davis, 2004; Kridli, Momany, Abdullah, & Muwalla, 2007; Kridli et al., 2006; Salhab et al., 2001).En la raza Katahdin el PE 30.0±3cm y PV de 48.0±6 Kg a los 8 meses de edad este peso a la pubertad corresponde al 50% de su peso adulto (López, Ramírez, Aguilera, Aréchiga, & Rodríguez, 2010 ;Sánchez, 2012). En la raza Santa Inés su pubertad la alcanzó en otros estudios con un PE 28.6±2.4; 41.0±4.3 Kg a los 7 meses de edad (Souza et al., 2009; Souza et al., 2000), correspondiendo a un 50% de su peso adulto (Costa et al., 2014; Neto et al., 2012).

En este trabajo los corderos KO presentaron un mayor PE en la pubertad en comparación con los corderos OPC y SO (21.4 ± 1.9 cm, 18.2 ± 5.1 cm y 14.5 ± 3.2 cm respectivamente). Avellaneda et al. (2006) encontraron en la raza Criolla de lana a los 8 meses un perímetro escrotal 20.8 cm en el trópico alto colombiano.Valencia et al. (2005) hallaron en corderos Pelibuey a los 3 meses un perímetro escrotal 18.1±1.4 cm en el trópico mexicano. López et al. (2010) en la raza Katahdin encontraron un PE 25.0±3 cm a los 5 meses de edad en el norte de México.Souza et al. (2000) en la raza Santa Inés encontraron un PE 23.5±3.3 cm a los 5 meses de edad en Fortaleza, Brasil.

Se ha demostrado que el PE también esta correlacionado positivamente con la edad a la pubertad, motilidad masal, motilidad progresiva y la concentración de espermatozoides, siendo una variable a utilizar como indicador de la calidad de los espermatozoides (Ghorbankhani, Souri, Moeini, & Mirmahmoudi, 2015; Palacios, Moreno, & Mendoza,

2014; Rege et al., 2000; Langford, Shrestha, & Marcus, 1989). Los resultados de esos autores concuerdan con los datos de calidad espermática de los corderos KO que presentaron mayor precocidad en la concentración y motilidad individual progresiva.

Se observó un aumento significativo en el volumen testicular de los corderos, lo que sugiere que desde los 4 meses de edad los corderos estaban en una etapa de desarrollo sexual rápido, resultados similares obtenidos por Emsen (2005), que observó el aumento marcado desde los 90 a 180 días de edad. El mayor volumen testicular y peso vivo lo obtuvieron los corderos KO y SO pues el volumen testicular está relacionado con la condición corporal (peso vivo), ligado a la alimentación del animal (Fourie, Schwalbach, Neser, & Van der Westhuizen, 2004; Knight, Gherardi, & Lindsay, 1987; Koyuncu et al., 2005) y a la estacionalidad de la zona donde estén radicados los animales (Avdi, Banos, Stefos, & Chemineau, 2004; Milczewski et al., 2015). Emsen (2005) encontró en corderos de razas puras Awassi (A) y Red karaman (R) una raza local propia de Turquía; un volumen testicular de 17.7± 2.6 ml y 21.3± 2.6 ml a los 6 meses de edad y sus cruces RxA y AxR un volumen de 23.8± 2.6 ml y 17.9± 2.6 ml respectivamente a la misma edad, también demostraron que el cruce de razas puras con razas locales o nativas como el Red Karaman mejora considerablemente la pubertad más temprana y el desarrollo de carneros, resultados similares a los obtenidos en este estudio con los cruces de los puros con la raza local .

El desarrollo a la pubertad también está definido por el diámetro medio de los túbulos seminíferos los cuales divergen en el llamado mediastino testicular y está altamente correlacionada con peso testicular (Ford & Wise, 2011). El mediastino testicular es una masa de tejido fibroso que contiene numerosos túbulos finos en la parte central del testículo, aparece como una estructura representada por una línea hiperecogénica en las imágenes tomadas en el plano longitudinal y por un punto casi circular en imágenes transversales (Ahmad, Noakes, & Subandrio, 1991). El mediastino al componerse de tejido conectivo, se

refleja en una puntuación de ecogenicidad alta al aumentar con la edad, como se encuentra en el estudio de Gouletsou et al. (2003) donde el mediastino testicular estaba presente en el 87% de los carneros y el 77% de los testículos; su puntuación media de ecogenicidad era 2 (rango: 0-3) entre carneros mayores de 13 meses o más y 1 entre carneros de menos de 13 meses. En el estudio realizado los corderos KO y SO se observó que un 80 a 100% de los corderos al momento su pubertad ya exhibía presencia de mediastino testicular a la ecografía y los corderos OPC solo un 40% de estos presentaban una evidencia del mediastino testicular a la ecografía.

El desprendimiento del proceso uretral (PU) se produjo en un alto porcentaje (>80%) de los corderos KO y SO a los 4 meses de edad mientras que los OPC lograron superar este porcentaje solo a los 8 meses de edad. Resultados a edades cercanas obtuvieron Souza et al. (2000) en la determinación de edad a la pubertad en corderos Santa Inés, con el desprendimiento del PU a los 5 meses de edad. Se presenta una correlación positiva entre el desprendimiento del PU, la edad a la pubertad y el peso corporal del cordero (Watson, Sapsford, &McCance,1956;Skinner &Rowson,1968 y Wiggins&Terrill, 1953). Por lo tanto, el desarrollo del pene es más rápido en los corderos más pesados y es dependiente de la tasa general de crecimiento.Watson, Sapsford, & McCance (1956) encontraron menor desprendimiento del PU en animales con un peso de 18 Kg, y la separación fue más o menos completa en la mayoría de los animales más pesados que 27 Kg. Resultados similares a los de este estudio, pues animales con un peso menor de 18 Kg presentaron un porcentaje bajo de desprendimiento del PU, al aumentar el peso y los meses de vida se encontró un porcentaje superior al 80% que ya presentaban el desprendimiento. Fuenmayor, Martínez de Acurero, Valle, Quintana, & Regueiro (1990) analizan los resultados correspondientes a la edad a la cual se produjo el desprendimiento del PU en las razas West African y Barbados Barriga Negra, y Persa Cabeza Negra (5.1, 5 y 6 meses respectivamente) con una edad

promedio de 5.7 meses y un peso de 24.3 kg y correlación positiva con el desprendimiento del PU (r = 0.8) y con la circunferencia escrotal (r = 0.4) de estos animales. Estudios similares realizados por Valencia et al. (2005) en corderos Pelibuey Mexicanos encontraron que el desprendimiento del PU se presentó con un peso corporal promedió 24.3 ± 2.4 kg y con un perímetro escrotal de 17.6 ± 1.8 cm, y una correlación significativa entre la edad a la pubertad, el PE y el desprendimiento del PU.

La concentración media de testosterona se relaciona estrechamente con el crecimiento del perímetro escrotal, volumen testicular y el libido, en las diferentes razas encontraron que a una concentración determinada cada uno mostro cambios que ocurrieron principalmente en la frecuencia de montaje; razas Dorset (5,1± 1,2 ng/ml), Landrace finlandés (4.4± 0.5 ng/ml), Suffolk (2.8±0,75 ng/ml) y Scottish Blackface (1.8± 0.7 ng/ml) (Dickson & Sanford,2005).En este trabajo la concentración de testosterona fue similar en los grupos de corderos cruzados y aumentó con la edad, el perímetro escrotal y el volumen testicular. Sin embargo se encontró diferencias entre machos puros y cruzados, resultados relacionados con otros estudios (Elmaz, Cirit, & Demir, 2007; Kridli et al., 2007). La raza Awassi pura obtuvo concentraciones menores de testosterona comparadas con sus cruces con Charolais y Romanov desde el momento de la pubertad (2 ng/ml, 6 ng/ml y 8 ng/ml respectivamente al día 270 de edad) (Kridli et al.,2006). El área bajo la curva el cual presenta una visión de todo el comportamiento de la testosterona; su pico, su descenso durante la evaluación del estudio en cada genotipo tanto puros como sus cruces (Cerda & Cifuentes, 2012; Díaz et al., 2007) el ABC confirma que la concentración de testosterona en los grupos de corderos cruzados en la pubertad fue similar, aumentó con la edad y otras variables morfológicas, los corderos OPC fueron inferiores y llegaron a la pubertad a una edad mayor con concentraciones mayores de testosterona.

En este estudio los corderos llegaron a la pubertad con una concentración de testosterona sérica superior a la reportada por Avellaneda et al. (2006) en un estudio en el trópico alto Colombiano, no encontraron tampoco diferencias en la concentración de testosterona sérica a la pubertad en las razas puras Mora (7.6 meses y 0.41±0.08ng/ml), Romney Marsh (8.3 meses y 0.55±0.25 ng/ml), Criollo Colombiana de lana (8.25 meses y 0.46±0.09ng/ml) y Hampshire (7 meses y 1.69±0.32 ng/ml). Se podría inferir que en este estudio las concentraciones medias de testosterona fueron altas porque los corderos estuvieron en contacto con ovejas adultas y prepúberes que respondieron al efecto hembra como respuesta endocrina de los corderos a la presencia de las ovejas (Ungerfeld & Silva, 2004), además la metodología utilizada para medir la concentración la cual fue radioinmunoanálisis en el estudio de Avellaneda y en nuestro estudio utilizamos un kit ELISA.

Se evidenció que la mayoría de los corderos llegaron a los parámetros propuestos para la pubertad al mes 6; ya superaban los 150 * 10^6 Spz/ml de espermatozoides con más del 30% de motilidad progresiva individual, en general los corderos KO tenían valores numéricamente más altos que los otros dos genotipos, esta producción de espermatozoides también está altamente relacionada con las mediciones mayores testiculares tanto del PE y volumen testicular (Emsen, 2005; Rege et al., 2000) obtenidas por los genotipos KO y SO al momento de su pubertad. Pacheco, Oliveira, Quirino, & Landim (2009) encontraron que en corderos Santa Inés a los 6 meses de edad ya tenían una concentración de 281.3± 230.3* 10^6 Spz/ml y una motilidad progresiva de 38.3± 25.2% en el sur de Brasil, Souza et al. (2000) obtuvieron una motilidad progresiva 35.7±10.6% en corderos Santa Inés a los 8 meses de edad. Valencia et al. (2005) encontraron en la raza Pelibuey una concentración de 50 * 10^6espermatozoides/ml y al menos 50% de motilidad a los 5 meses de edad.

6. CONCLUSIONES

El cruce de los ovinos de pelo colombiano con razas de pelo especializadas en carne como el Katahdin y el Santa Inés mejora el rendimiento productivo de los corderos. Los corderos son más precoces en su crecimiento lo que les permite llegar a una edad a la pubertad más temprana con una buena calidad del semen en los machos. El desarrollo sexual y la edad a la pubertad son afectados de acuerdo con el aporte en precocidad de cada una de las razas cruzadas con el Ovino de Pelo Colombiano en las mismas condiciones del Piedemonte Llanero y puede atribuirse a la heterosis lograda en estos cruces.

El peso vivo y el perímetro escrotal son las variables más prácticas para la determinación de la edad a la pubertad en los corderos, dada su relación estrecha con la calidad seminal. Estas variables se relacionan con características del desarrollo reproductivo del cordero como el desprendimiento del proceso uretral, la presencia del mediastino testicular, el volumen testicular y las características seminales todas estas más dispendiosas para su evaluación en las actividades del campo.

En los perfiles de testosterona se observó que el OPC con pesos y medidas de testiculares más bajas, presentaron valores similares en la concentración de testosterona con las otras razas cruzadas SO y KO con pesos y medidas testiculares altas sin diferencias significativas durante el tiempo. Además, se concluye que en este estudio las concentraciones medias de testosterona fueron altas porque los corderos estuvieron en contacto con ovejas que respondieron al efecto hembra como respuesta endocrina de los corderos a la presencia de las ovejas y además las técnicas de medición de la concentración de testosterona varía entre investigaciones.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda establecer estudios posteriores con corderos puros OPC, Katahdin y Santa Inés para compararlos con los grupos cruzados y observar las ganancias o pérdidas al cruzarlos.

Se sugiere de esta forma investigar si el OPC aporta resistencia a las condiciones del ambiente tropical y que ese proceso de adaptación logra trasmitirse a los cruces, compensando lo que las razas como Katahdin y Santa Inés podrían adaptarse tan fácil al medio tropical bajo, lo que sugiere la posibilidad de obtener animales más precoces y adaptados al medio colombiano con el tiempo implantando un programa de mejora genética.

Las mediciones de las diferentes variables se recomiendan realizarlas con mayor frecuencia, por lo menos semanalmente para el peso y PE (siendo las más prácticas y repetitivas), cuando se logre un umbral cercano a lo obtenido en este estudio entonces si empezar a evaluar las características del semen.

Entrenar los corderos para la vagina artificial, pues los electro eyaculadores vienen con sonda de ovinos adultos y su la adaptación de esta sonda es un poco difícil, además facilita el manejo y la obtención del semen y por bienestar animal las tomas frecuentes no se recomiendan.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ahmad, N., Noakes, D. E., & Subandrio, A. L. (1991). B-mode real time ultrasonographic imaging of the testis and epididymis of sheep and goats. The Veterinary Record, 128(21), 491–496.

Aisen, E. (2004). Reproducción ovina y caprina. Intermédica.

Albarracín, W., & Sánchez, I. (2013). Caracterización del sacrificio de corderos de pelo a partir de cruces con razas criollas colombianas. Revista MVZ Córdoba, 18(1), 3370–3378.

Alexopoulos, K., Karagiannidis, A., & Tsakalof, P. (1991). Development of macroscopic and microscopic characteristics of ejaculates from Chios, Serres and Karaguniki breed lambs. Theriogenology, 36(4), 667–680.

Amann, R., & Schanbacher, D. (1983). Physiology of male reproduction. Retrieved from http://digitalcommons.unl.edu/usdaarsfacpub/765/

Avdi, M., Banos, G., Stefos, K., & Chemineau, P. (2004). Seasonal variation in testicular volume and sexual behavior of Chios and Serres rams. Theriogenology, 62(1), 275–282.

Avellaneda, Y., Rodríguez, F., Grajales, H., Martínez, R., & Vasquez, R. (2006). Determinación de la pubertad en corderos en el trópico alto colombiano por características corporales, calidad del eyaculado y valoración de testosterona. Livestock Research for Rural Development., 18(Article #138.). Retrieved from http://www.lrrd.org/lrrd18/10/avel18138.htm

Bilaspuri, G. S., & Singh, K. (1992). Developmental changes in body weight and testicular characteristics in Malabari goat kids. Theriogenology, 37(2), 507–520.

Bilgin, O. C., Emsen, E., & Davis, M. E. (2004). Comparison of non-linear models for describing the growth of scrotal circumference in Awassi male lambs. Small Ruminant Research, 52(1-2), 155–160.

Brockett, C. C., Presicce, G. A., Foote, R. H., Kaproth, M. T., & Rycroft, H. E. (1994). Semen Quality and Behavior of Holstein Bulls Exposed to Estradiol-Treated Bulls for Mounts. Journal of Dairy Science, 77(1), 124–131.

Cerda, J., & Cifuentes, L. (2012). Uso de curvas ROC en investigación clínica: Aspectos teórico-prácticos. Revista Chilena de Infectología, 29(2), 138–141.

Chakraborty, P. K., Stuart, L. D., & Brown, J. L. (1989). Puberty in the male Nubian Goat: Serum concentrations of LH, FSH and testosterone from birth through puberty and semen characteristics at sexual maturity. Animal Reproduction Science, 20(2), 91–101.

Costa, D., Dias, R. L., Quirino, C. R., Afonso, V. A. C., Pacheco, A., Beltrame, R. T., … Carneiro, R. M. (2014). Índices Morfométricos en Ovejas Santa Ines. International Journal of Morphology, 32(4), 1370–1376.

Da Silva, L. S. A., Fraga, A. B., da Silva, F. de L., Guimarães Beelen, P. M., de Oliveira Silva, R. M., Tonhati, H., & Barros, C. da C. (2012). Growth curve in Santa Inês sheep. Small Ruminant Research, 105(1-3), 182–185.

DANE (2016). Boletín técnico: Encuesta de Sacrificio de Ganado. Obtenido de https://www.dane.gov.co

Daza, A. (1997). Reproducción y sistemas de explotación del ganado ovino. Mundi-Prensa.

Díaz, C. A. V., Viedas, R. P., Sánchez, M. G. E., & Bengoa, A. J. (2007). Cambio en la secreción pulsátil y en la respuesta de la hormona luteinizante a la naloxona en relación con el daño testicular. Ginecol Obstet Mex, 75, 200–4.

Dickson, K. A., & Sanford, L. M. (2005). Breed diversity in FSH, LH and testosterone regulation of testicular function and in libido of young adult rams on the southeastern Canadian prairies. Small Ruminant Research, 56(1-3), 189–203.

Elmaz, Ö., Cirit, Ü., & Demir, H. (2007). Relationship of testicular development with age, body weight, semen characteristics and testosterone in Kivircik ram lambs. South African Journal of Animal Science, 37(4), 269–274.

Elmaz, Ö., Dikmen, S., Cirit, Ü., & Demir, H. (2008). Prediction of postpubertal reproductive potential according to prepubertal body weight, testicular size, and testosterone concentration using multiple regression analysis in Kıvırcık ram lambs. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 32(5), 335–343.

Emsen, E. (2005). Testicular development and body weight gain from birth to 1 year of age of Awassi and Redkaraman sheep and their reciprocal crosses. Small Ruminant Research, 59(1), 79–82.

Espinal, C., Martinez, H., & Amezquita, J. (2006). La cadena de ovinos y caprinos en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agrocadenas Colombia.

Espitia, A., Prieto, E., & Cardozo, J. (2006). Pubertad y circunferencia escrotal en toros holstein x cebú, cebú y romosinuano. Revista MVZ Córdoba, 11(1), 744–750.

Ferreira, V. C., Rosa, G. J. M., Berger, Y. M., & Thomas, D. L. (2015). Survival in crossbred lambs: Breed and heterosis effects. Journal of Animal Science, 93(3), 912–919.

Ford, J. J., & Wise, T. H. (2011). Assessment of pubertal development of boars derived from ultrasonographic determination of testicular diameter. Theriogenology, 75(2), 241–247.

Fourie, P. ., Schwalbach, L. ., Neser, F. W. ., & Van der Westhuizen, C. (2004). Scrotal, testicular and semen characteristics of young Dorper rams managed under intensive and extensive conditions. Small Ruminant Research, 54(1-2), 53–59.

Fuenmayor, C., Martínez de Acurero, M., Valle, A., Quintana, H., & Regueiro, C. (1990). Observaciones sobre el desarrollo testicular y desprendimiento del prepucio en corderos west african, barbados y persa cabeza negra. Zootecnia Tropical, 8(1-2), 73–84.

Garay, Á. A., & Assmus, G. C. (2013). Tecnología en la ovino cultura colombiana: estado del arte. Revista Ciencia Animal, (6), 125–142.

Ghorbankhani, F., Souri, M., Moeini, M. M., & Mirmahmoudi, R. (2015). Effect of nutritional state on semen characteristics, testicular size and serum testosterone concentration in Sanjabi ram lambs during the natural breeding season. Animal Reproduction Science, 153, 22–28.

González, A., Grajales, H., Manrique, C., & Téllez, G. (2011). Gestión de la información en los sistemas de producción animal, una mirada al caso de la ovino-caprinocultura. Revista de Medicina Veterinaria Y Zootecnia, 58(III), 176–193.

Gouletsou, P. G., Amiridis, G. S., Cripps, P. J., Lainas, T., Deligiannis, K., Saratsis, P., & Fthenakis, G. C. (2003). Ultrasonographic appearance of clinically healthy testicles and epididymides of rams. Theriogenology, 59(9), 1959–1972.

ICA (2016). Censo Pecuario Nacional. Obtenido de http://www.ica.gov.co

Kafi, M., Safdarian, M., & Hashemi, M. (2004). Seasonal variation in semen characteristics, scrotal circumference and libido of Persian Karakul rams. Small Ruminant Research, 53(1-2), 133–139.

Knight, T. W., Gherardi, S., & Lindsay, D. R. (1987). Effects of sexual stimulation on testicular size in the ram. Animal Reproduction Science, 13(2), 105–115.

Koyuncu, M., Kara Uzun, S., Ozis, S., & Duru, S. (2005). Development of testicular dimensions and size, and their relationship to age and body weight in growing Kivircik (Western Thrace) ram lambs. Czech J. Anim. Sci, 50(6), 243–248.

Kridli, R., Momany Shaker, M., Abdullah, A. Y., & Muwalla, M. M. (2007). Sexual behaviour of yearling Awassi, Charollais × Awassi and Romanov × Awassi rams exposed to oestrousAwassi ewes. Tropical Animal Health and Production, 39(3), 229–235.

Kridli, R. T., Abdullah, A. Y., Momani, S. M., & Al-Momani, A. Q. (2006). Age at Puberty and Some Biological Parameters of Awassi and its First Crosses with Charollais and Romanov Rams. Italian Journal of Animal Science, 5(2), 193–202.

Kridli, R. T., & Said, S. I. (1999). Libido testing and the effect of exposing sexually naive Awassi rams to estrous ewes on sexual performance. Small Ruminant Research, 32(2), 149–152.

Kridli, T. R., Abdullah, A., Mohamed, S., & Al-Momani, A. Q. (2006). Age at Puberty and Some Biological Parameters of Awassi and its First Crosses with Charollais and Romanov Rams. Italian Journal of Animal Science, 5(2), 193–202.

Langford, G. A., Shrestha, J. N. B., & Marcus, G. J. (1989). Repeatability of scrotal size and semen quality measurements in rams in a short-day light regime. Animal Reproduction Science, 19(1), 19–27.

Langford, G. A., Shrestha, J. N. B., Sanford, L. M., & Marcus, G. J. (1998). Reproductive hormone levels of early postpubertal ram lambs in relation to breed, adult testis size and semen quality. Small Ruminant Research, 29(2), 225–231.

López, M. A., Ramírez, R. G., Aguilera, J. I., Aréchiga, C. F., & Rodríguez, H. (2010). Size and shape analyses in hair sheep ram lambs and its relationships with growth performance. Livestock Science, 131(2), 203–211.

Martínez, R., & Malagón, S. (2005). Caracterización fenotípica y genética del ovino criollo colombiano. Archivos de Zootecnia, 54(206-207), 341–348.

Matos, C. A. P., & Thomas, D. L. (1992). Physiology and genetics of. Testicular size in sheep: a review. Elsevier Science Publishers B.Y., Amsterdam, 32(Livestock Production Science), 1–30.

Milczewski, V., Chahad-Ehlers, S., Spercoski, K. M., Morais, R. N., & Thomaz Soccol, V. (2015). Quantifying the effect of seasonality on testicular function of Suffolk ram in lower latitude. Small Ruminant Research, 124, 68–75.

Montes, V. D., Moreno, J., Lugo, N. A. H., Ramírez, R., Celis, A., & Garay, G. (2013). Caracterización faneróptica y morfológica de la hembra ovina de pelo criollo (camura) colombiana, en la sub región sabanas y golfo de Morrosquillo departamento de Sucre. Revista Colombiana de Ciencia Animal, 5(1), 104–115.

Navarro J. R. (2012). La técnica del área bajo la curva. Centro de Investigaciones sobre Protección de Cultivos, Universidad de Costa Rica.

Morón, F. J., Ochoa, M. A., Trejo, A., & Díaz, M. O. (2012). Relación del peso y edad a la pubertad, desarrollo testicular y características semifinales en corderos rambouillet. Journal Abanico Veterinario Acquisition, 2(2), 3–9.

Neto, T., Rezende, M., Cruz, J. F. da, Malhado, C. H. M., Carneiro, P. L. S., Nunes, R. de C. S., Souza, L. E. B. de. (2012). Characterization of body biometrics during growth of elite Santa Ines sheep. Revista Brasileira de Zootecnia, 41(1), 58–64.

Nishimura, S., Okano, K., Yasukouchi, K., Gotoh, T., Tabata, S., & Iwamoto, H. (2000). Testis developments and puberty in the male Tokara (Japanese native) goat. Animal Reproduction Science, 64(1–2), 127–131.

Ocampo, R. (2014). Caracterización genética de ovinos en colombia por medio de marcadores microsatélites. Universidad de Antioquia, Colombia.

Pacheco, A., Oliveira, A. M., Quirino, C. R., & Landim, A. (2009). Características seminais de carneiros da raça Santa Inês na pré-puberdade, puberdade e na pós-puberdade. Ars Veterinaria, 25(2), 090–099.

Palacios, N., Moreno, N. P., & Mendoza, D. F. G. (2014). Correlación entre diámetro testicular y calidad espermática en ovinos criollos del municipio de Soracá, Boyacá. Conexión Agropecuaria JDC, 2(2), 45–55.

Pastrana, B., & Calderon, C. (1996). El ovino criollo Colombiano. Bogota: Produmedios.

Pelletier, J., Carrez-Camous, S., & Thiery, J. (1980). Basic neuroendocrine events before puberty in cattle, sheep and pigs. Journal of Reproduction and Fertility. Supplement, 30, 91–102.

Pérez, H. V. (1996). Características del crecimiento y de la calidad de la canal de corderos de raza manchega [Microforma]. Univ de Castilla La Mancha.

Prader, A. (1966). Testicular size: assessment and clinical importance. Triangle; the Sandoz Journal of Medical Science, 7(6), 240–243.

Raineri, C. R. (2013). Desarrollo reproductivo en corderos ideal criados artificialmente o con sus madres. Retrieved from http://www.fvet.edu.uy/drupal-6.16/sites/default/files/biblio_Rodr%C3%ADguezRaineri.pdf

Rege, J. E. O., Toe, F., Mukasa-Mugerwa, E., Tembely, S., Anindo, D., Baker, R. L., & Lahlou-Kassi, A. (2000a). Reproductive characteristics of Ethiopian highland sheep: II. Genetic parameters of semen characteristics and their relationships with testicular measurements in ram lambs. Small Ruminant Research, 37(3), 173–187.

Rege, J. E. O., Toe, F., Mukasa-Mugerwa, E., Tembely, S., Anindo, D., Baker, R. L., & Lahlou-Kassi, A. (2000b). Reproductive characteristics of Ethiopian highland sheep:

II. Genetic parameters of semen characteristics and their relationships with testicular measurements in ram lambs. Small Ruminant Research, 37(3), 173–187.

Ruiz, M. E., Rivera, B., & Ruiz, A. (1998). Reproducción animal: métodos de estudio en sistemas. IICA.

Salhab, S. A., Zarkawi, M., Wardeh, M. F., Al-Masri, M. R., & Kassem, R. (2001). Development of testicular dimensions and size, and their relationship to age, body weight and parental size in growing Awassi ram lambs. Small Ruminant Research, 40(2), 187–191.

Sánchez, S. (2012). Importancia de las razas katahdin y dorper en la ganadería ovina de pelo en México. Retrieved from http://ninive.uaslp.mx/jspui/handle/i/3434

Schoenian, S. (2012). Sheep 201. Retrieved from http://www.sheep101.info/201/ramrepro.html

Senger, P. L. (2005). Pathways to pregnancy and parturition (2nd ed.).

Skinner, J. D., & Rowson, L. E. A. (1968). Puberty in Suffolk and cross-bred rams. Journal of Reproduction and Fertility, 16(3), 479–488.

Somavilla, A. L., Dias, L. T., & Teixeira, R. de A. (2012a). Environmental and genetic effects on conformation, precocity and musculature traits at weaning in Suffolk lambs. Small Ruminant Research, 102(2–3), 131–134.

Somavilla, A. L., Dias, L. T., & Teixeira, R. de A. (2012b). Environmental and genetic effects on conformation, precocity and musculature traits at weaning in Suffolk lambs. Small Ruminant Research, 102(2–3), 131–134.

Souza, C., Araújo, A., Oliveira, J., Lima Souza, A., Neiva, J., & Moura, A. (2009). Reproductive Development of Santa Inês Rams During the First Year of Life: Body and Testis Growth, Testosterone Concentrations, Sperm Parameters, Age at Puberty and Seminal Plasma Proteins. Reproduction in Domestic Animals.

Souza, C. E. A., Moura, A. A. A., De Lima, A. C. B., & Ciriaco, A. L. T. (2000). Desenvolvimento testicular, idade á puberdade e características seminais em carneiros da raca Santa Inês no estado do Ceará. Anais Da, 37. Retrieved from http://www.bovinos.ufc.br/sbz2000.pdf

Toe, F., Rege, J. E. O., Mukasa-Mugerwa, E., Tembely, S., Anindo, D., Baker, R. L., & Lahlou-Kassi, A. (2000). Reproductive characteristics of Ethiopian highland sheep: I. Genetic parameters of testicular measurements in ram lambs and relationship with age at puberty in ewe lambs. Small Ruminant Research, 36(3), 227–240. https://doi.org/10.1016/S0921-4488(99)00117-0

Tron, J. L., Alvarez, A., & Aguade, P. J. (1987). Determinaciondela Pubertad En Corderos Y Corderas Suffolk Nacidos En Dos Epocas,Bajolas Condiciones Del Altiplano Mexicano. Tec. Peco Méx, 25(3), 302–308.

Turner, K. E., Belesky, D. P., Cassida, K. A., & Zerby, H. N. (2014). Carcass merit and meat quality in Suffolk lambs, Katahdin lambs, and meat-goat kids finished on a grass–legume pasture with and without supplementation. Meat Science, 98(2), 211–219. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.002

Ülker, H., Kanter, M., Gökdal, Ö., Aygün, T., Karakuş, F., Sakarya, M. E., … Reeves, J. J. (2005). Testicular development, ultrasonographic and histological appearance of the testis in ram lambs immunized against recombinant LHRH fusion proteins. Animal Reproduction Science, 86(3-4), 205–219.

Ungerfeld, R., & Silva, L. (2004). Ewe effect: endocrine and testicular changes in experienced adult and inexperienced young Corriedale rams used for the ram effect. Animal Reproduction Science, 80(3-4), 251–259.

Valencia, J., Quiroga, M. J., Martínez, M. A., Ledesma, J., & Villalobos, J. M. (2005). Pubertad en corderos Pelibuey nacidos de ovejas con reproducción estacional o

continua. Revista Científica, 15(005). Retrieved from http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/28360

Vargas, D. C. M., & Lombana, H. A. G. (2014). Caracterización del proceso administrativo y de mercado en los sistemas ovinos del trópico alto colombiano. Revista Ciencia Animal, (7), 85–98.

Villasmil, Y., Aranguren, J., Madrid-Bury, N., González, D., Rubio, J., González-Stagnaro, C., African, W. (2011). Edad y peso a la pubertad de ovinos cruzados en el estado Zulia, Venezuela. Actas Iberoamericanas de Conservación Animal AICA, 1, 419–422.

Wańkowska, M., Polkowska, J., Wójcik, A., & Romanowicz, K. (2010). Influence of gonadal hormones on endocrine activity of gonadotroph cells in the adenohypophysis of male lambs during the postnatal transition to puberty. Animal Reproduction Science, 122(3-4), 342–352.

Watson, R. H., Sapsford, C. S., & McCance, I. (1956). The development of the testis, epididymis, and penis in the young Merino ram. Australian Journal of Agricultural Research, 7(6), 574–590.

Wheaton, J. E., & Godfrey, R. W. (2003). Plasma LH, FSH, testosterone, and age at puberty in ram lambs actively immunized against an inhibin α-subunit peptide. Theriogenology, 60(5), 933–941.

Wiggins, E. L., & Terrill, C. E. (1953). Variation in Penis Development in Ram Lambs. Journal of Animal Science, 12(3), 524–535.

Wildeus, S. (1997). Hair sheep genetic resources and their contribution to diversified small ruminant production in the United States. Journal of Animal Science, 75(3), 630–640.