

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS



Caracterización del comportamiento reproductivo al inicio de la pubertad en machos
Alpinos-Francés nacidos en invierno en el norte de México.

Por:

JOSÉ GUILLERMO RODRÍGUEZ RAMÍREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Enero 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Caracterización del comportamiento reproductivo al inicio de la pubertad en machos
Alpinos-Francés nacidos en invierno en el norte de México.

Por:

JOSÉ GUILLERMO RODRÍGUEZ RAMÍREZ

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial
para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:




Dr. Oscar Ángel García
Presidente




MC. Gerardo Arellano Rodríguez
Vocal



Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán
Vocal



Dr. Juan Ramón Luna Orozco
Vocal Suplente



MVZ. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal


Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Enero 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Caracterización del comportamiento reproductivo al inicio de la pubertad en machos
Alpinos-Francés nacidos en invierno en el norte de México.

Por


JOSÉ GUILLERMO RODRÍGUEZ RAMÍREZ


TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:


MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Oscar Ángel García
Asesor Principal Interno


Dr. Juan Ramón Luna Orozco
Asesor Principal Externo


MC. Gerardo Arellano Rodríguez
Coasesor


Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán
Coasesora


MVZ. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ
Coordinador de la División Regional de Ciencias Animales
Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Enero 2019

Agradecimientos

Me gustaría agradecer a mi asesor de tesis, al Dr. Oscar Ángel García, su esfuerzo y dedicación, sus conocimientos, orientación, su paciencia, y motivación para mi formación.

A mí familia que siempre estuvieron apoyándome en las buenas y en las malas, dándome su apoyo incondicional, gracias a todos.

A la familia Rojas Martínez, a la que considero también mi familia, por permitirme ser un hijo más dentro de la familia, por abrirme las puertas de su casa, de su familia y de su corazón, por darme esa confianza, qué no tengo las palabras para agradecer todo lo que me ayudaron y apoyaron y que siempre viviré agradecido.

A mis abuelos, la familia Ramírez Clavel, por ese apoyo incondicional.

A la UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, por permitirme lograme como profesional,

A torreón, por darme esa oportunidad, de vivir, aprender y conocer otras costumbres y de haberme puesto en el camino con gente tan especial.

A todos gracias

Dedicatoria

A mi padre Guillermo Idelfonso Rodríguez Sotelo, por creer en mí cuando me ofreció continuar con mi formación profesional después de varias caídas pero nunca me dejó dar por vencido, por darme ánimos cuando lo necesitaba, agradezco los sabios consejos que en el momento exacto ha sabido darme para no dejarme caer, por ayudarme a tomar decisiones y sobre todo gracias por el amor tan grande que me das.

A mi madre María Guadalupe Ramírez Clavel y Hermanos: José David Rodríguez Ramírez, José de Jesús Rodríguez Ramírez, José Eduardo Rodríguez Ramírez, Isis Dayana Rodríguez Ramírez.

A mi hijo Sebastián Rodríguez Rojas: por ser el motor de mi vida y el que hizo que yo fuera mejor persona y me diera ganas de superarme.

Al profesor Eutiquio Rojas Olmedo e Irene Martínez Baños: por ese apoyo incondicional y confianza que me brindaron.

A Iris Rojas Martínez, Yoselin Rojas Martínez, Kevin Rojas Martínez: siempre los tendré en mi corazón, por el gran apoyo que me brindaron.

Con este logro, les pude demostrar que no los defraudaría, por muy lejos que me encontrara de ustedes, y que pondría en alto a la familia Rodríguez Ramírez.

Por su amor gracias.

CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO AL INICIO DE LA PUBERTAD EN MACHOS ALPINOS-FRANCES NACIDOS EN INVIERNO EN EL NORTE DE MÉXICO

RESUMEN

El objetivo fue caracterizar el comportamiento reproductivo de machos Alpinos-Francés al inicio de la pubertad nacidos durante el invierno en el norte de México. Se utilizaron 6 machos de la raza Alpino-Francés nacidos al final de la época natural de partos (en promedio el 21 de febrero 2016 \pm 1.3 días). Los machos se mantuvieron bajo un manejo intensivo y en condiciones ambientales naturales de la región. Todos los machos fueron alimentados de acuerdo a sus necesidades fisiológicas (NRC, 2001). A partir del destete y durante todo el periodo de estudio se registró cada 14 los indicadores de desarrollo corporal (peso y condición corporal, altura a la cruz, longitud, perímetro torácico) así como las características seminales (latencia al eyaculado, volumen, motilidad espermática, espermatozoides vivos, concentración espermática) y la circunferencia escrotal. La eyaculación con las primeras células móviles se produjo a los 127.5 \pm 15.8 d. La concentración espermática al inicio de la pubertad (127.5 \pm 15.8 d) con un promedio de 2910 X⁶/ml y de 2368 X⁶/ml a los 150.0 \pm 12.0 d. El volumen del eyaculado promedio a la pubertad fue de 0.5 \pm 0.0 ml, con una motilidad espermática promedio de 2.8 \pm 0.2 y un porcentaje de espermias vivos del 54%. Los resultados del presente estudio nos permiten concluir que los machos cabríos Alpino-Francés nacidos en el invierno bajo un sistema intensivo su comportamiento reproductivo al inicio de la pubertad se correlaciona positivamente con las características de desempeño reproductivo y desarrollo de crecimiento corporal.

Palabras Clave: Pubertad, Peso corporal, Estacionalidad, Calidad seminal.

Índice de contenido

| | |
|---|------------|
| AGRADECIMIENTOS | I |
| DEDICATORIA | II |
| RESUMEN | III |
| ÍNDICE DE CONTENIDO | IV |
| ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS | V |
| I. INTRODUCCION | 1 |
| II. REVISION DE LITERATURA | 2 |
| 2.1. PUBERTAD EN LOS PEQUEÑOS RUMIANTES | 2 |
| 2.2. CONTROL ENDOCRINO DE LA PUBERTAD | 3 |
| 2.3. NEURONAS DE GNRH Y PUBERTAD | 4 |
| 2.4. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL INICIO DE LA PUBERTAD | 5 |
| 2.2.3 Circunferencia escrotal y capacidad reproductiva del macho | 6 |
| 2.2.4 Peso corporal, alimentación, raza y sexo | 8 |
| 2.4.4 Fotoperiodo y época de nacimiento | 10 |
| 2.6. CONTROL ENDOCRINO EN EL MACHO | 14 |
| HIPOTESIS | 16 |
| OBJETIVO | 16 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 17 |
| 3.1 LUGAR DE ESTUDIO | 17 |
| 3.2. ANIMALES EXPERIMENTALES Y MANEJO | 17 |
| 3.3. VARIABLES DETERMINADAS | 18 |
| 3.3.1. Peso corporal | 18 |
| 3.3.2. Condición corporal | 18 |
| 3.3.3. Tamaño corporal | 18 |
| 3.3.4. Circunferencia escrotal | 19 |
| 3.3.5. Determinación de la pubertad | 19 |
| 3.3.6. Producción espermática | 19 |
| 3.3.7. Motilidad y la viabilidad espermática | 20 |
| 3.3.8. Concentración espermática | 20 |
| 3. 4. Análisis estadísticos | 21 |
| IV RESULTADOS | 22 |
| V. DISCUSION | 25 |
| VI. CONCLUSIONES | 28 |
| VII LITERATURA CITADA | 29 |

Índice de Cuadros y figuras

| No. | Título de cuadros | Pag. |
|-----|--|------|
| 1 | Los valores son promedio \pm EEM de las características seminales registradas como marcadoras de inicio de la pubertad en 6 machos cabríos de la raza Alpinos-Francés, nacidos en invierno, en el norte de México, Latitud 26°N. | 23 |
| 2 | Valores promedio de los indicadores de desarrollo y estado corporal registradas al inicio de la pubertad en 6 machos cabríos de la raza Alpinos-Francés, nacidos en invierno, en el norte de México, Latitud 26°N. | 24 |

I. INTRODUCCION

Diversos estudios a nivel mundial acerca de la fisiología reproductiva de los machos cabríos de diferentes razas puras o mestizas, tanto en su zona de origen como en otras regiones del mundo (Chemineau, 1993; Delgadillo et al., 2007; Keith et al., 2009; Gibbons et al., 2009; García et al., 2010; Barreto de Souza, 2011; Chentouf et al., 2011, entre otros). Sin embargo, para lograr un máximo potencial reproductivo, el animal necesita alcanzar su madurez sexual, ya que en esta fase, se muestra el comportamiento sexual, la capacidad de apareamiento y los parámetros seminales en consonancia con la reproducción completa (Pacheco et al., 2010).

En efecto, se conoce el patrón estacional de la época de nacimiento (machos nacidos en diciembre) tiene una influencia con respecto a calidad espermática, libido y peso testicular (Carrillo et al., 2010) o respecto a la presencia de los primeros espermias en el eyaculado en machos nacidos en mayo o en octubre (Delgadillo et al., 2007). Hasta hoy son pocos los estudios realizados sobre la época de nacimiento y el patrón estacional y de los cabritos es esta la región en la cual se llevó a cabo el presente trabajo (Carrillo et al., 2010; Delgadillo et al., 2007). Sin embargo, aparte de las características seminales, es necesario también la caracterización del comportamiento reproductivo, así como los indicadores del desarrollo corporal (altura a la cruz, perímetro torácica) al inicio de la pubertad. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue caracterizar el comportamiento reproductivo y los indicadores de crecimiento corporal al inicio de la pubertad en machos de la raza Alpinos- Francés nacidos en el invierno bajo condiciones del norte de México.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Pubertad en los pequeños rumiantes

La pubertad en pequeños rumiantes tanto en hembras como en machos puede ser variables por ejemplo, en el macho, el inicio de la capacidad reproductiva, que se caracteriza como la completa separación del prepucio y el pene, y la primera eyaculación. Sin embargo, en cualquiera de los casos, se conoce que los primeros eyaculados de estos macho son de baja calidad, ya que la mayoría de los espermatozoides están muertos o son anormales (Mukasa et al., 1992), lo anterior, esta relacionado con la edad en la cual se alcanza la capacidad de fertilidad y que es un proceso que abarca tanto el desarrollo morfológico, fisiológico y conductual (Mukasa et al., 1992; Ebling, 2005). En efecto, para que el inicio de la pubertad se presente, es necesario que exista una maduración morfológica y funcional en los diferentes niveles del sistema neuroendocrino-reproductivo del eje hipofisario gonadal (Herbison, 2016). Foster y Jackson, (2006), la definen como el momento en el que la hembra tiene su primer celo, pero en ovejas se considera la primera ovulación, ya que ésta antecede dos o tres semanas al primer celo.

Por otra parte, se conoce la edad en la cual se alcanza esta capacidad de fertilidad puede ser variable, lo anterior, puede ser debido a varios factores como la estacionalidad, la época de nacimiento y la alimentación de los animales (Delgadillo et al. 2007; Carrillo et al., 2010). Por ejemplo, según Freitass *et al.* (2004) mencionan que en los machos la estacionalidad reproductiva es menos marcada y que estos pueden alcanzar la pubertad tanto durante la estación reproductiva como no reproductiva, sin ser afectados significativamente por la época de nacimiento. Otro

factor importante es la alimentación en cuanto la determinación del crecimiento corporal (Torretta *et al.*, 2017). Los animales en general, alcanzan la pubertad cuando poseen alrededor del 40 y 70 % del peso corporal adulto (Walkden-Brown y Bocquier, 2000; Roa *et al.*, 2010).

Varios estudios han mostrado una variabilidad en cuanto al peso alcanzado para el inicio de la pubertad, por ejemplo en la raza Shiba y hembras locales del Caribe de la Isla Guadalupe, la pubertad comienza entre los 5.6 a 6.7 meses de edad, mientras que las cabras de la raza Saanen alcanza la pubertad a los 7, 8 meses de edad (Chemineau, 1993; Sakurai *et al.*, 2004). Mientras que los machos Tokara y Damasco inician la pubertad aproximadamente a los 4 y 17 meses de edad, respectivamente (Nishimura *et al.*, 2000). Además la edad a la pubertad se puede predecir a través de indicadores como la CE (Mandiki *et al.* 1998; Ljungvall *et al.*, 2008). En efecto, en machos de la raza Tokara (nativos Japoneses), se observó el comportamiento sexual y el desarrollo de los testículos y el inicio de la pubertad y se demostró que el peso de los testículos aumentó de $36 \pm 5,4$ g a los 3 meses de edad a los $126 \pm 6,3$ g a los 12 meses de edad (Nishimura *et al.*, 2000).

2.2. Control endocrino de la pubertad

El sistema reproductivo de los mamíferos es vitalmente dependiente de una pequeña población de neuronas la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), que se extienden desde los axones al área preóptica y el núcleo infundibular del hipotálamo. Estas neuronas actúan como la ruta de salida común que integra varias señales internas y externas, dando lugar a la secreción pulsátil de la GnRH, que posteriormente regula el eje hipofisario-gonadal. El aumento gradual de los

esteroides sexuales señala el inicio de la pubertad y conduce al desarrollo de características sexuales secundarias (Livada y Chrousos, 2016).

La red neuronal de la GnRH genera los pulsos y oleadas de la secreción de gonadotropinas, que son cruciales para la pubertad y la fertilidad. Las neuronas de kipeptinas localizadas en el núcleo arqueado que inervan las proyecciones de las neuronas de GnRH alrededor de la zona neurosecretora son componentes clave en la generación de los pulsos de GnRH en todos los mamíferos (Chrousos, 2016; Herbison, 2016).

2.3. Neuronas de GnRH y pubertad

Para que el inicio de la pubertad se presente, es necesario que exista una maduración morfológica y funcional en los diferentes niveles del sistema neuroendocrino-reproductivo del eje hipofisario- gonadal. A nivel del hipotálamo, esta maduración implica neurogénesis, sinaptogénesis y la participación estimuladora o inhibitoria sobre el "generador" de pulsos de la GnRH (núcleo de neuronas que controlan la producción y liberación de la GnRH (Herbison, 2016).

La pubertad se inicia con la aparición de la secreción pulsátil de GnRH en un momento reproductivamente apropiado (Herbison, 2016). Sin embargo, el eje hipofisario gonadal está activo mucho antes del nacimiento, y se extiende al desarrollo fetal en algunas especies. Por ejemplo, en humanos se ha observado un aumento de las gonadotropinas mitad de la gestación (Herbison, 2016). En el inicio de la pubertad, el generador de pulsos de la GnRH se activa para desencadenar la cascada hormonal necesaria para la maduración sexual. Se ha estimado que el 50%

-80% de la variación en el tiempo de aparición puberal en humanos (DiVall et al., 2010).

El aumento de la secreción hipotálmica de GnRH el cual es esencial para la activación del eje hipotálamo hipofisiario-gonadal a la pubertad. La red secretora de GnRH se desarrolla inicialmente y es temporalmente activo durante los períodos de desarrollo fetal/neonatal (Sisk y Foster, 2004; DiVall et al., 2010), sin embargo, en la pubertad ocurre una segunda reactivación del sistema existente. La variabilidad entre individuos en el comienzo de la pubertad indica que el tiempo a la pubertad no es una simple función de edad cronológica (Sisk y Foster, 2004).

La otra importante maduración morfofuncional corresponde al ovario o al testículo, el cual se desarrolla bajo el control del Sistema Nervioso Central, mediante las inervaciones noradrenergicas y peptidergicas, las que a su vez regulan el número de receptores a las gonadotropinas, la secreción esteroidogénica y el desarrollo mismo de las capas foliculares. Esta maduración ovárica y testicular, implica un aumento en la secreción de esteroides o testosterona, que a su vez, por el mecanismo de retroalimentación favorecen una liberación progresivamente creciente de las gonadotropinas que son la hormona luteinizante (LH) y la hormona folículo estimulante (FSH), que estimularan al ovario y al testículo para una mayor producción de esteroides (Sisk y Foster, 2004).

2.4. Factores que influyen en el inicio de la pubertad

Los factores más importantes que pueden afectar la edad a la pubertad son por ejemplo: el sexo, la raza de los animales, la estacionalidad reproductiva, el

fotoperiodo, la nutrición, las relaciones socio-sexuales, el sistema de explotación, etc. (Delgadillo et al., 1997; Freitas et al., 2004). En algunas razas, la estación del año puede modificar la edad de la primera eyaculación. En los machos Criollos de la Isla de Guadalupe en el Caribe, la primera eyaculación se observa a los 4.7 y 7.5 meses para los animales nacidos en abril y agosto, respectivamente (Walkden-Brown y Bocquier, 2000). Además, en los machos de la raza Tokara (nativos Japoneses), nacidos en diciembre se observó el comportamiento sexual y el desarrollo de los testículos y el inicio de la pubertad y se demostró que el peso de los testículos aumentó de 36 ± 5.4 g a los 3 meses de edad a los 126 ± 6.3 g a los 12 meses de edad (Nishimura et al., 2000).

2.2.3 Circunferencia escrotal y capacidad reproductiva del macho

El inicio de la vida reproductiva del macho es de vital importancia ya que esta determina la época en que se deben introducir en los sementales al apareamiento en programas con monta natural o de inseminación artificial, y así determinar la mejor edad para colectar semen y época para la recolección del semen. Por otra parte, un estudio realizado en toros concluyó que la circunferencia escrotal (CE), el tamaño testicular y la producción seminal están altamente correlacionados con la edad de los sementales (Osorio et al., 2014), por lo tanto, la medida de la CE puede dar una estimación relativamente confiable de la habilidad reproductiva en los toros jóvenes. Sin embargo, la CE no es útil en toros viejos, debido a que los cambios seniles pueden disminuir la cantidad de epitelio seminífero sin disminuir el tamaño testicular (Espitia-Pacheco et al., 2006).

Por otra parte, la capacidad reproductiva del animal se va adquiriendo con la edad, logrando mayor peso, CE, calidad seminal y cambio en los perfiles hormonales, además, que la CE ha sido el parámetro más utilizado (Espitia et al., 2006; Osorio et al., 2014), sobre todo por su facilidad en la medición; se ha relacionado con la cantidad de volumen del área ocupada por el tejido testicular responsable de la producción de andrógenos (Osorio et al., 2014). Adicionalmente, se ha correlacionado la CE con la viabilidad y morfología de los espermatozoides por ejemplo, en toros Angus cruzados la CE presentó una regresión lineal positiva ($P < 0.04$) con el porcentaje de espermatozoides móviles progresivos, una regresión lineal negativa ($P < 0.1$) para la incidencia de defectos primarios en los espermatozoides y una regresión lineal positiva ($P < 0.0001$) con las reservas espermáticas en el epidídimo (Osorio et al., 2014).

Según Ramírez et al., (2016) las medidas testiculares tienen una relación con la producción de semen y la fertilidad en los machos, y además se ha demostrado que la CE está significativamente correlacionada con la concentración de espermatozoides por eyaculado, el volumen escrotal y el peso corporal. En efecto, se conoce que en toros Holstein también se demostró una correlación positiva entre las mediciones testiculares y la concentración espermática, mayor ($r = 0,81$) en los animales jóvenes (1 a 2 años de edad) y con tendencia a disminuir ($r = 0,22$) hacia los 6 y 12 años de edad (Kastelic et al., 2001).

2.2.4 Peso corporal, alimentación, raza y sexo

La edad a la pubertad está más relacionada con el peso corporal que con la edad cronológica (Belibasaki y Kouimtzis, 2000). En los ungulados, la pubertad es dependiente del peso corporal, normalmente estos la alcanzan cuando se tienen entre 40 y 70% del peso corporal adulto, y en las cabras no hay reportes que indiquen lo contrario (Walkden-Brown y Bocquier, 2000). Lo anterior coincide con lo descrito por Roldan et al. (2016), en razas de ovejas de origen templado, quienes observaron que la pubertad se presenta entre 6 y 18 meses de edad cuando las ovejas tienen 50 a 70 % de su peso adulto y se encuentran en la época reproductiva. Otro factor que puede modificar el inicio de la pubertad es la alimentación, la cual se conoce que una subalimentación trae como consecuencia un lento crecimiento corporal (Costa et al., 2013).

Varios estudios han demostrado que la época de nacimiento está relacionada con el inicio de la pubertad, según Sicilia y Saavedra et al. (2007) en machos de la raza Angora nacidos en primavera sólo 8 de 15 machos lograron la pubertad en el primer otoño e invierno después del nacimiento, lo cual se dio a los 178 días, con un peso de 26 kg al final de otoño, mientras que los machos que pesaron menos de 23 kg en esta fecha no alcanzaron la pubertad. Cabe mencionar que nuestros machos iniciaron la pubertad con 21.4 semanas de edad y 19 kg, lo anterior, es similar a lo reportado en machos Baladi alimentados con una dieta alta en proteína (18%) la pubertad es a las 22 semanas, con un peso corporal de 24 kg, mientras que los machos alimentados con una dieta de baja en proteína (12%) se retrasó hasta las 31 semanas de edad, con un peso corporal de 21 kg (Abi-Saab et al., 1997). En los carneros Soay alimentados *ad libitum* alcanzaron la pubertad al mismo tiempo que

los machos que fueron sometidos a una dieta restringida, sin embargo, en ellos la intensidad reproductiva fue más baja (nivel de testosterona y tamaño testicular) (Adam y Findlay, 1997).

La raza y el sexo son otros factores que influyen en la edad a la pubertad en los caprinos. Por ejemplo, en los carneros de Grecia, de la raza Friesland entraron en pubertad a los 179 días, 8, 10 y 30 días antes que las razas Karagouniki, Chios y Serres (Belibasaki y Kouimtzis, 2000). Los machos cabríos Tokara de Japón entraron en pubertad a los cuatro meses de edad (Nishimura et al., 2000), mientras en los machos Alpinos Francés y Saanen de las zonas templadas, la edad a la pubertad fue a los 173 ± 5 días, con un peso corporal de 31 ± 1.5 kg. En las cabras locales del subtrópico mexicano la primera ovulación de las hembras nacidas en enero fue detectada a los 8.5 meses con un peso corporal de 25-30 kg, y la primera célula espermática viable en los machos nacidos en el mismo periodo fue observada a los 4.3 meses con un peso corporal de 20 kg (Delgadillo et al., 1997).

Entre los factores que pueden afectar la edad a la pubertad se encuentra, tanto la raza que afectan la expresión del comportamiento sexual, estas características reproductivas en general mejoran a medida que la edad aumenta (Gordon, 1999) animales adultos normalmente presentan un mejor desempeño reproductivo que animales jóvenes o seniles (Espitia et al., 2006). Además otros autores como Stellflug y Lewis (2007) mencionan que más importante es la experiencia previa del macho con hembras en celo que la misma edad, porque esto estimula el interés del macho por la hembra,

En la Comarca Lagunera existe una población potencial de caprinos machos y hembras de la raza Alpina que se utilizan con el objetivo de incrementar la producción láctea. Sin embargo, no se conoce la edad a la pubertad de esta raza en esta región, la cual es importante ya que al conocerla los productores, pueden programar mejor el primer empadre, evitar gestaciones prematuras e incrementar la productividad de los hatos caprinos de la región.

2.4.4 Fotoperiodo y época de nacimiento

Los animales con reproducción estacional, como lo son los ovinos y los caprinos, se conocen que estos animales alternan sus períodos de actividad sexual e inactividad ovárica en la hembra (anestro) y reposo sexual en el macho durante el año y que este comportamiento se relaciona con el fotoperiodo (Delgadillo et al., 2001). Uno de los factores que influyen en el inicio de la pubertad en las cabras y ovejas, es la fecha y/o época del año en que ocurren los nacimientos, por ejemplo, en los machos locales de Libia (32° N), que cuando fueron nacidos en agosto y otros en enero estos entraron en pubertad a los 159 ± 7 días, con un peso de 19 kg, alcanzaron la pubertad hasta los 193 ± 7 días, con un peso de 22 kg, respectivamente (Nishimura *et al.*, 2000).

En efecto, los machos nacidos en abril, sometidos a fotoperiodo natural incrementaron la pulsatilidad de LH (indicativo de la actividad sexual), 5 semanas antes que los machos sometidos a un fotoperiodo inverso, en los carnero al igual que en los machos cabríos, el fotoperiodo de latitudes templadas influye en el inicio

de la pubertad, sin embargo el efecto es mínimo. En las hembras ovinas (suffolk) y caprinas (Alpinas y Saanen) de razas estacionales, la pubertad se alcanza únicamente durante el periodo natural de reproducción, es decir, de octubre a febrero (Delgadillo et al., 2007). A igual que en la cabras, en ovejas Suffolk, nacidas en primavera, la pubertad inicia entre las 26 y 35 semanas (182 y 245 días) en el otoño, mientras que en aquellas ovejas nacidas en el otoño, la pubertad aparece entre las 48 y 50 semanas (336 y 350 días) en el otoño siguiente (Al-Hozad y Basoni, 1999).

Las razas de origen tropical como la Pelibuey, alcanzan la pubertad entre los 6 y 8 meses de edad cuando se manejan en condiciones intensivas (Hinojosa-Cuellar et al., 2015). En la Pelibuey, las corderas nacidas en la primavera y que reciben suplementos, pueden comenzar a ciclar a los seis meses de edad, con pesos de alrededor de 21 kg. En cambio, las ovejas nacidas en la misma unidad de producción durante el otoño comienzan a ciclar a los nueve o más meses de edad, aunque su alimentación haya sido adecuada y hubieran alcanzado 21 kg desde meses antes. Lo anterior concuerda a lo reportado por Ebling y Foster, (1988) quienes mencionan que cuando las ovejas se alimentan adecuadamente y se mantienen en condiciones naturales, por lo general inician su actividad reproductiva en la temporada de reducción del fotoperiodo siguiente a su nacimiento.

2.5. Importancia de las interacciones socio-sexuales

Los eventos reproductivos son controlados por varios factores externos como lo son las interacciones socio-sexuales (Hawken y Martin, 20012). Entre estos

factores, las interacciones sexuales entre parejas o congéneres del mismo sexo parece ser importante en el control de la reproducción. En efecto, se ha comparado el desempeño reproductivo de los machos prepúberes criados con o sin contacto permanente directo con hembras adultas hasta la edad de 10 meses, el resultado fue que los machos adultos que se criaron en contacto con hembras muestran un mayor comportamiento sexual que los criados en grupos de machos solos (Lacuesta et al., 2015).

Por ejemplo, la presencia continua de hembras cíclicas o la introducción de hembras en estro (usualmente por inducción hormonal) sobre hembras en anestro estacional es capaz de inducir la sincronización de la ovulación en estas hembras induciendo la reproducción estacional. Este fenómeno “interacción hembra-hembra” es conocido como facilitación por que causa la estimulación de las hembras (Rosa y Bryant, 2002).

De esta manera, se conoce que muchas especies de mamíferos utilizan señales químicas, comúnmente denominado feromona, para la comunicación social y sexual entre la misma especie a través del órgano vomeronasal (VNO). El neuroepitelio vomeronasal juega un papel importante en la respuesta de la interacciones socio-sexuales, el cual se puede dividir en dos zonas, caracterizadas por los receptores de feromonas específicas y proteínas G, la capa apical de este órgano expresa los receptores (V1R) y Gai2 y la capa basal que expresa la clase de receptores V2R y Gao (Kimoto y Touhara, 2005).

Las feromonas que se utilizan para las interacciones sociales son señales químicas que provocan la atracción sexual, la selección de pareja, la modulación de la función neuroendocrino y la identificación individual entre congéneres (Okamura *et al.*, 2010). Se han descrito una gran variedad de feromonas ó efectos de feromonas en los mamíferos, y se clasifican en dos grupos de acuerdo a las acciones en los receptores: la feromona liberadora (señalización) que provoca una respuesta conductual inmediata y la feromona de imprimación que desencadena una cadena de acontecimientos fisiológicos, tales como neuroendocrino o respuestas endocrinas (Álvarez y Zarco, 2001; Okamura *et al.*, 2010).

Las relaciones sociales que un animal tiene con otros de la misma especie pueden afectar muchos aspectos del proceso reproductivo. Esto es cierto para muchas especies y para ambos sexos. En ovinos este efecto se ha encontrado en todas las asociaciones de grupos sexuales, es decir, macho-macho, hembra-hembra y macho-hembra. El entorno social del macho bajo las cuales se crían corderos puede afectar a la forma de la maduración sexual de los carneros en un futuro. Se ha sugerido que la crianza carneros de todos los grupos de machos puede facilitar la formación de relaciones sociales entre machos y prevenir o retrasar el desarrollo del interés sexual en las hembras (Rosa y Bryant, 2002).

Por otra parte, se ha demostrado que en cabras el entorno social tiene un efecto positivo sobre el desempeño reproductivo de los machos adultos cuando estos se ponen en contacto durante el desarrollo prepuberal con las cabras adultas tiene un y que este efecto se detiene después de que la cabras utilizadas como estímulo quedan gestantes (Lacuesta *et al.*, 2015).

2.6. Control endocrino en el macho

Los testículos son los órganos sexuales primarios y sus funciones son la producción de espermatozoides (función exócrina) y la producción de esteroides (función endocrina). Aunque en los primates superiores, la inducción de la pubertad es independiente de la función gonadal, un papel parece razonable para los esteroides sexuales en función del circuito de retroalimentación bien conocido entre gonadotropinas y esteroides sexuales y la sólida evidencia de varias especies (ratones, cabras, etc.), donde los esteroides sexuales participan activamente en la inducción pubertad (Chrousos, 2016; Dubois et al., 2016).

Por ejemplo, en el macho cabrío los testículos son pequeños y llegan a pesar entre 100 a 150 gramos. El tamaño varía con la estación alcanzando el máximo a la mitad de la estación reproductora (Evans, 1990). A nivel testicular, específicamente las células intersticiales de Leyding son las responsables de secretar principalmente testosterona, que establece un asa de retroalimentación con la adenohipófisis y el hipotálamo en un circuito de asa larga, corta y ultracorta, en el que las neuronas neuroendocrinas las cuales tienen un rol importante.

Las células de Sertolí, son importantes por su rol mecánico, trófico y metabólico respecto a las células germinales y la secreción de la activina e inhibina, las que provocan o inhiben respectivamente la secreción de FSH. Los sustentocitos también secretan diferentes proteínas específicas, entre las cuales se encuentra la proteína que liga andrógenos, importante porque concentra 100 veces la testosterona en el parénquima testicular. La secreción tónica, por pulsos de

gonatropinas, especialmente de LH, es debida a la actividad hipotalámica que se inicia en la pubertad a través del control de la generación de estos pulsos (Bustos-Obregón y Torres-Díaz, 2012).

El macho la estacionalidad ha sido bien definida mediante el análisis de las variaciones en las concentraciones plasmáticas de testosterona y el tamaño testicular (Santiago-Moreno *et al.*, 2013). Al igual que las hembras, en el macho, las características reproductivas se ven influenciadas por la época del año, de tal manera que su actividad sexual es durante los meses de mayo a diciembre (verano-otoño) seguida de un periodo de reposo sexual que ocurre de enero a abril (invierno-primavera) (Delgadillo *et al.*, 1999).

Las células intersticiales o de Leydig que se encuentran entre los túbulos son las fuentes de la hormona masculina (testosterona). El epitelio de los túbulos está formado con células espermatogénicas, y de soporte y sostén o de Sertoli. La parte basal de la membrana contiene células contráctiles mioideas. Las hormonas gonadotropicas de la glándula hipófisis regulan dos funciones de los testículos. La FSH está estrechamente relacionada con la iniciación de la actividad en los túbulos seminíferos. La hormona estimulante de las células intersticiales controla la actividad endocrina de las células. Las células de Leydig son las responsables de la producción de los andrógenos, actúan como promotores del crecimiento, estimulan las características secundarias sexuales del macho y actúan sobre centros del comportamiento en el encéfalo induciendo el comportamiento sexual del macho (Chrousos, 2016).

HIPOTESIS

La caracterización del comportamiento reproductivo y los indicadores de desarrollo corporal se correlacionaran positivamente con inicio de la pubertad en los machos cabríos de la raza Alpino Francés nacidos en invierno en el norte de México.

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo fue caracterizar el comportamiento reproductivo y los indicadores del desarrollo corporal y su correlación con el inicio de la pubertad en machos cabríos de la raza Alpino Francés nacidos en invierno en el norte de México.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

El presente estudio se realizó en las instalaciones del centro de reproducción caprina de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna (UAAAN UL), el cual se encuentra ubicado en el municipio de Torreón, Coahuila. El estudio se realizó durante el periodo comprendido de febrero a diciembre de 2016. Esta región presenta un clima seco desértico, con una precipitación media anual de 230 mm, la cual se sitúa a la latitud 26° N y la altitud varia de 1100 a 1400 msnm (CONAGUA, 2006).

3.2. Animales experimentales y manejo

Se utilizaron 6 machos de la raza Alpino-Francés nacidos al final de la época natural de partos (en promedio el 21 de febrero 2016 \pm 1.3 días). Los machos fueron destetados en promedio a los 45 días después del nacimiento y fueron alojados en un corral de 6 X 10 m, los animales fueron sometidos a las variaciones del fotoperiodo y temperatura natural de la región durante todo el periodo de estudio. Todos los machos fueron alimentados con una dieta que cubría todas sus necesidades fisiológicas (NRC, 2001). Esta dieta consistió en heno de alfalfa a libre acceso y 100 g de concentrado comercial (14% de proteína cruda) al día por animal. El agua y los minerales (block) fueron proporcionados a libre acceso. Todos los animales fueron desparasitados y vitaminados al destete, y después cada tres meses.

3.3. Variables determinadas

3.3.1. Peso corporal

El peso de los machos se determinó cada 14 días durante todo el estudio, iniciando desde el destete hasta que todos los machos alcanzaron la pubertad. El peso corporal fue determinado en la mañana antes de alimentarlos. Para ello se utilizó una báscula con capacidad para 100 kg y una precisión de 50 g.

3.3.2. Condición corporal

La condición corporal se determinó cada 14 días desde el destete hasta que todos los machos alcanzaron la pubertad, mediante la técnica descrita por Walkden-Brown et al. (1997). Esta fue determinada por la misma persona. Esta técnica consiste en medir la masa muscular de la región lumbar del animal. El valor dado fue en una escala de 1 a 4 niveles con puntos intermedios, donde: 1= Animales muy descarnados permitiendo el paso de los dedos entre los espacios espinosos de las vértebras de la región lumbar. 2= Animales descarnados con poco tejido muscular que no permite el libre paso de los dedos entre las vértebras de la región lumbar. 3= Animales con cantidad adecuada de masa muscular en la región lumbar. 4= Animales con abundante masa muscular en la región lumbar dándole a está una forma redondeada.

3.3.3. Tamaño corporal

En base a la determinación con cinta métrica con precisión de 1 mm, de los siguientes indicadores:

Altura a la cruz, distancia desde el punto más elevado de la línea media de la cruz al suelo.

Longitud, distancia desde la cruz a la grupa, desde el punto más elevado de la de la paleta a la articulación lumbosacra.

Perímetro torácico, contorno alrededor del tórax, desde el hueco subesternal a la apófisis dorsal de la 5^o vértebra dorsal.

3.3.4. Circunferencia escrotal

La CE se determinó cada 14 días durante todo el periodo de estudio para ello se utilizó una cinta métrica flexible, la circunferencia se midió de la parte más ancha de los testículos (Cruz-Castrejon *et al.*, 2007).

3.3.5. Determinación de la pubertad

3.3.6. Producción espermática

Para evaluar la producción espermática, los machos fueron expuestos a una hembra en estro, lo cual fue realizado cada semana desde los tres meses de edad hasta que todos los machos alcanzaron la pubertad, la cual consistió en la observación de primera célula viable en el eyaculado. El semen fue recolectado por las mañanas (8:00 am), y para realizarlo se estimuló la monta mediante la exposición a una hembra estrogenizada, para lo cual se le aplicó vía im 2 mg de Cipianto de estradiol previo a la recolección del semen. Se utilizó una vagina artificial, la cual tenía una temperatura interior de 45 °C al momento de la extracción. La hembra

permaneció inmovilizada y los machos fueron llevados y expuestos a la hembra una vez por día por un lapso de 180s. Los machos que no eyaculaban en este tiempo fueron retirados y se anotaba como rechazo a la eyaculación (Delgadillo et al., 1999).

Después de cada extracción, el semen fue colocado a baño maría (37° C) e inmediatamente se evaluó el volumen. El volumen se midió utilizando un tubo cónico de vidrio de 15 ml y graduado a 0.1 ml.

3.3.7. Motilidad y la viabilidad espermática

Para la determinación de la motilidad espermática se utilizó un microscopio óptico con el objetivo de 10X, a través del método de la gota flotante, para lo cual se utilizó un cubreobjetos con una temperatura de 37° C para evitar el choque térmico donde se colocó una gota de semen después de haber obtenido la muestra. Posteriormente se registró la motilidad en masa en una escala de 0 al 5 (Delgadillo et al., 1993). Mientras que para la determinación del porcentaje de espermatozoides vivos y muertos se utilizaron 10 µg de semen y 20 µg de una eosina-nigrosina y se utilizó un microscopio óptico con el objetivo de 40X.

3.3.8. Concentración espermática

La concentración espermática se determinó a través de un fotómetro (Modelo SDM1, Landshut, Germany), la cual consistió en depositar 10 µg de la muestra del semen a través una microcubeta y posteriormente insertada al fotómetro.

3. 4. Análisis estadísticos

Los datos de peso corporal fueron correlacionaron con la edad a la pubertad, la condición corporal (es decir con la fecha de aparición de la célula viable). La circunferencia testicular también fue correlacionada con la edad a la pubertad. Además, la altura a la cruz y circunferencia torácica fue correlacionada con la circunferencia testicular. Todas las correlaciones fueron realizadas mediante la prueba de correlación de Pearson, con el paquete estadístico MYSTAT 12, 2000. El nivel de significancia se estableció en $P < 0.01$ y los resultados se expresaron en medias \pm D.

IV RESULTADOS

La evolución de las características testiculares e indicadoras del desarrollo corporal registradas al inicio de la pubertad, se muestran en el cuadro 1 y 2, respectivamente. La pubertad se registró en promedio a los 150.0 ± 12.0 días de edad (5.5 meses), los cuales al inicio de la pubertad tuvieron un peso corporal de 19.6 ± 0.9 kg, éste se correlaciono positivamente con la edad a la pubertad la cual fue estadísticamente diferente ($r= +0.984$, $P= 0.000$, prueba de correlación de Pearson), y una condición corporal de 3.5 ± 0.3 (escala del 1-4), que al igual que el peso, la condición corporal tuvo una correlación positiva ($r= +0.932$, $P= 0.000$, prueba de correlación de Pearson).

Las características seminales (Cuadro 1) al inicio de la pubertad la latencia al eyaculado fueron de 127 ± 37 segundos. El comportamiento reproductivo completo y la eyaculación de semen con espermatozoides móviles se produjo a los 127.5 ± 15.8 días (aproximadamente 4 meses de vida). La CE al inicio de la pubertad fue de 20.7 ± 0.7 cm y a demás existió una correlación positiva de esta con el inicio de la pubertad ($r= +0.889$, $P =0.000$, prueba de correlación de Pearson).

La concentración espermática al inicio de la pubertad fue de 2910×10^6 /ml a los 127.5 ± 15.8 días mientras que la concentración promedio a los 150.0 ± 12.0 días de edad fue de 2368×10^6 /ml.

Cuadro 1. Los valores son promedio \pm EEM de las características seminales registradas como marcadoras de inicio de la pubertad en 6 machos cabríos de la raza Alpinos-Francés, nacidos en invierno, en el norte de México, Latitud 26°N.

| Características seminales | Valores promedios \pm eem |
|---|-----------------------------|
| Circunferencia escrotal (cm) | 20.7 \pm 0.9 |
| Latencia al eyaculado (s) | 127 \pm 37 |
| Volumen (ml) | 0.5 \pm 0.0 |
| Motilidad (escala del 0-5) | 2.8 \pm 0.2 |
| Espermatozoides vivos (%) | 54 \pm 5.5 |
| Concentración (N X 10 ⁶ /ml) | 2368 \pm 624 |

Las características de desarrollo corporal (Cuadro 2) al inicio de la pubertad la altura a la cruz fue de 60 \pm 3.0 cm, y esta se correlaciono positivamente con el inicio de la pubertad ($r=+0.754$, $P=0.000$, prueba de correlación de Pearson). La circunferencia torácica al inicio de la pubertad fue de 63.2 \pm 1.6 cm, y esta se correlaciono positivamente con el inicio de la pubertad ($r=+0.482$, $P=0.001$, prueba de correlación de Pearson).

Cuadro 2. Valores promedio de los indicadores de desarrollo y estado corporal registradas al inicio de la pubertad en 6 machos cabríos de la raza Alpinos-Francés, nacidos en invierno, en el norte de México, Latitud 26°N.

| Indicadores de desarrollo y estado corporal | | | | |
|---|-------------------------------|-----------------------|---------------------------------|---|
| Peso vivo (Kg)X±EEM | Tamaño | | | Condición corporal (escala 1-5) X ± EEM |
| | Altura a la cruz (cm) X ± EMM | Longitud (cm) X ± EEM | Perímetro torácico (cm) X ± EMM | |
| 19.6±0.9 | 60±3.0 | 50.7±1.3 | 63.2±1.6 | 2. 5±.03 |

V. DISCUSION

La edad a la pubertad (detección de la primera célula espermática viable) en los machos Alpinos-Francés nacidos al final del invierno en esta región y manejados en un sistema intensivo y en condiciones naturales de fotoperiodo y temperatura del norte de México fue a los 150 ± 12.0 días de edad. La edad a la pubertad en estos machos similar a la reportada por Delgadillo et al. (1997) en machos caprinos Criollos del subtrópico mexicano, en los cuales la primera célula espermática viable (pubertad) y nacidos durante el invierno fue observada dos meses antes (4.3 meses) mientras que en nuestros machos fue a los 4.8 meses y con un peso corporal vivo de 19.6 ± 0.9 kg, mientras que los machos criollos su peso corporal fue de 25 kg. Es probable que esto se deba a que los machos Criollos del subtrópico mexicano son descendientes además de las razas lecheras también de razas de carne en las que su pubertad puede ser más rápido.

En efecto, se ha reportado que las razas de doble propósito como son los machos Nubios de Alabama, Estados Unidos son más precoces para iniciar su pubertad a los 4.5 meses de edad (Skalet et al., 1988), estos resultados son similares a los reportado en los machos cabríos Tokara de Japón entraron en pubertad a los cuatro meses de edad (Nishimura et al., 2000), mientras en los machos Alpinos Francés y Saanen de las zonas templadas, la edad a la pubertad fue a los 173 ± 5 días, con un peso corporal de 31 ± 1.5 kg.

Sin embargo, resultados encontrados por Delgadillo et al. (2007) sobre la variación de la época de nacimiento en cuanto al inicio de la pubertad en lo machos

nacidos en mayo y octubre bajo condiciones del subtrópico mexicano no mostro diferencia en cuanto al número de días al inicio de esta en los macho nacidos tanto en mayo como en octubre, además y concluyeron que la estación de nacimiento modificó el inicio de la pubertad en ambos sexos, pero estas modificaciones fueron más pronunciadas en las hembras que en los cabritos.

Estos machos utilizados en nuestro estudio nacieron a finales de la época de partos (promedio 21 de febrero) su primera eyaculación se observó a loa 4.8 meses (150 ± 12.0 d), estos resultados son similares a lo reportado en los machos Criollos de la Isla de Guadalupe en el Caribe, la primera eyaculación se observa a los 4.7 cuando estos son nacidos en abril y 7.5 meses para los animales nacidos en agosto (Walkden-Brown y Bocquier, 2000).

La CE (20.7 ± 0.9) en los machos utilizados en nuestro estudio se correlaciono positivamente con los días al inicio de la pubertad, en efecto se ha demostrado en toros que la CE, el tamaño testicular y la producción seminal están altamente correlacionados con la edad de los sementales (Pérez-Osorio et al., 2014), por lo tanto, la medida del diámetro testicular puede dar una estimación relativamente confiable de la habilidad reproductiva en los toros jóvenes. Según Nava-Trujillo et al. (2017) la CE es el mejor predictor para determinar el inicio de la pubertad e igual de eficaz que el peso o la edad para predecir la madurez sexual, además tiene una correlación positiva con la ganancia diaria de peso.

En cuanto a la producción espermática, el volumen del eyaculado en los machos utilizados en este estudio fue de 0.5 ± 0.1 al momento del inicio de la

pubertad (4.9 meses,) durante el mes de julio (inicio de la pubertad), estos resultados contrastan a los reportado por Carrillo et al. (2010) en machos de la raza Alpino-Francés, nacidos en el invierno y quienes observando un volumen de 0.1 ± 0.03 ml eyaculado de enero a julio y un incremento en el volumen al eyaculado de a 0.5 ± 0.04 ml eyaculado durante agosto, septiembre. Mientras que en nuestros machos utilizados en este estudio la concentración espermática al inicio de la pubertad en n fue de 2910×10^6 /ml, la cual es similar a la encontrada de diciembre a septiembre por Carrillo et al. (2010) en machos de la misma raza quienes encontraron una concentración de espermatozoides/ml fue de $7.0 \pm 0.3 \times 10^9$ de enero a agosto, mientras que éste se disminuyó a $3.5 \pm 1.2 \times 10^9$ en diciembre y septiembre.

Lo anterior es probable que se deba a que la capacidad reproductiva del macho se va adquiriendo con la edad, logrando mayor peso, CE, calidad seminal y cambio en los perfiles hormonales, además, que la CE ha sido el parámetro más utilizado (Santiago-Moreno et al., 2013; Espitia-Pacheco et al., 2018). Además otros factores que pudieron afectar esta variabilidad puede deberse a la alimentación de estos machos, ya que en machos con una buena alimentación y condiciones naturales, por lo general inician su actividad reproductiva en los días que el fotoperiodo se reduce.

Estos resultados son similares a los encontrados por otros investigadores en las razas Alpinos y Saanen de las zonas templadas (45° LN), las cuales muestran un periodo de baja de la actividad sexual muy marcado (primavera - verano) (Delgadillo et al., 1992). Asimismo en esas áreas se ha determinado que el fotoperiodo es el principal factor modulador de la actividad reproductiva.

VI. CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio demuestran que machos cabríos Alpino-Francés nacidos en el invierno bajo con un sistema intensivo en el norte de México (26°LN) su comportamiento reproductivo al inicio de la pubertad se correlaciona positivamente con las características de desempeño reproductivo y desarrollo de crecimiento corporal.

VII LITERATURA CITADA

- Adam, C. L., & Findlay, P. A. (1997). Effect of nutrition on testicular growth and plasma concentrations of gonadotrophins, testosterone and insulin-like growth factor I (IGF-I) in pubertal male Soay sheep. *Journal of reproduction and fertility*, 111(1), 121-125.
- Al-Hozab, A., & Basiouni, G. (1999). Onset of puberty in Hebsi and Zomri goats as monitored by plasma progesterone concentrations. *Journal of Applied Animal Research*, 15(1), 69-74.
- Belibasaki, S., & Kouimtzis, S. (2000). Sexual activity and body and testis growth in prepubertal ram lambs of Friesland, Chios, Karagouniki and Serres dairy sheep in Greece. *Small ruminant research*, 37(1-2), 109-113.
- Bustos Obregón, E., & Torres-Díaz, L. (2012). Reproducción estacional en el macho. *International Journal of Morphology*, 30(4), 1266-1279.
- Carrillo, E., Meza-Herrera, C. A., & Véliz, F. G. (2010). Estacionalidad reproductiva de los machos cabríos de la raza Alpino-Francés adaptados al subtrópico Mexicano. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 1(2), 169-178.
- Castrejón, U. C., Véliz, F. G., Muñoz, R. R., Flores, J. A., Hernández, H., & Moreno, G. D. (2007). Respuesta de la actividad sexual a la suplementación alimenticia de machos cabríos tratados con días largos, con un manejo extensivo a libre pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 45(1), 93-100.
- Chemineau, P., & elgadillo Delgadillo, J. A. (1993). Neuroendocrinología de la Reproducción en el Caprino. *Revista científica*, 3(2).
- Chentouf, M., Bister, J. L., & Boulanouar, B. (2011). Reproduction characteristics of North Moroccan indigenous goats. *Small ruminant research*, 98(1-3), 185-188.
- Costa, M. R. G. F., Pereira, E. S., Silva, A. M. A., Paulino, P. V. R., Mizubuti, I. Y., Pimentel, P. G., ... & Junior, J. R. (2013). Body composition and net energy and protein requirements of Morada Nova lambs. *Small Ruminant Research*, 114(2-3), 206-213.
- Delgadillo JA, Chemineau P. Abolition of the seasonal release of luteinizing hormone and testosterone in Alpine male goats (*Capra hircus*) by short photoperiodic cycles. *J Reprod Fertil* 1992;(94):45-55.
- Delgadillo, J. A., Carrillo, E., Morán, J., Duarte, G., Chemineau, P., & Malpoux, B. (2001). Induction of sexual activity of male creole goats in subtropical northern Mexico using long days and melatonin. *Journal of animal science*, 79(9), 2245-2252.
- Delgadillo, J. A., De Santiago-Miramontes, M. A., & Carrillo, E. (2007). Season of birth modifies puberty in female and male goats raised under subtropical conditions. *Animal*, 1(6), 858-864.
- Delgadillo, J. A., Leboeuf, B., & Chemineau, P. (1993). Maintenance of sperm production in bucks during a third year of short photoperiodic cycles. *Reproduction Nutrition Development*, 33(6), 609-617.

- Dubois SL, Wolfe A, Radovick S, et al. Estradiol restrains prepubertal gonadotropin secretion in female mice via activation of ER α in kisspeptin neurons. *Endocrinology* 2016; 29:en 20151923.
- Dubois, S. L., Wolfe, A., Radovick, S., Boehm, U., & Levine, J. E. (2016). Estradiol restrains prepubertal gonadotropin secretion in female mice via activation of ER α in kisspeptin neurons. *Endocrinology*, 157(4), 1546-1554.
- Ebling, F. J. (2005). The neuroendocrine timing of puberty. *Reproduction*, 129(6), 675-683.
- Espitia-Pacheco, A., Montes-Vergara, D., & Lara-Fuenmayor, D. (2018). Evaluación del desarrollo testicular y medidas morfométricas en ovinos de pelo colombiano. *Agronomía Mesoamericana*, 29(1), 165-175.
- Foster, D. L., Jackson, L. M., & Padmanabhan, V. (2006). Programming of GnRH feedback controls timing puberty and adult reproductive activity. *Molecular and cellular endocrinology*, 254, 109-119.
- Freitas, V. J. F., Rondina, D., Nogueira, D. M., & Simplicio, A. A. (2004). Post-partum anoestrus in Anglo-Nubian and Saanen goats raised in semi-arid of North-eastern Brazil. *Livestock Production Science*, 90(2-3), 219-226.
- Gibbons, A., Cueto, M., Lanari, M. R., & Domingo, E. (2009). Actividad sexual en cabritos criollos neuquinos de la Patagonia Argentina. *Archivos de Zootecnia*, 58(221), 129-132.
- Goes Ferreira Costa, M. R., Sales Pereira, E., Guimarães Pimentel, P., de Azevêdo Silva, A. M., Veiga Rodrigues Paulino, P., Mizubuti, I. Y., & de Araújo Camilo, D. (2013). Effects of dietary energy density on nutrient digestibility, performance and carcass characteristics of Morada Nova lambs. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(3).
- Hawken, P. A. R., & Martin, G. B. (2012). Sociosexual stimuli and gonadotropin-releasing hormone/luteinizing hormone secretion in sheep and goats. *Domestic animal endocrinology*, 43(2), 85-94.
- Herbison, A. E. (2016). Control of puberty onset and fertility by gonadotropin-releasing hormone neurons. *Nature Reviews Endocrinology*, 12(8), 452.
- Hinojosa-Cuéllar, J. A., Oliva-Hernández, J., Torres-Hernández, G., Segura-Correa, J. C., & González-Garduño, R. (2015). Productividad de ovejas F1 Pelibuey x Blackbelly y sus cruces con Dorper y Katahdin en un sistema de producción del trópico húmedo de Tabasco, México. *Archivos de medicina veterinaria*, 47(2), 167-174.
- Kastelic JP, Cook RB, Pierson RA, Coulter GH. Relationships among scrotal and testicular characteristics, sperm production, and seminal quality in 129 beef bulls. *Can J Vet Res*. 2001;65(2):111-5.
- Keith, L., Okere, C., Solaiman, S., & Tiller, O. (2009). Accuracy of predicting body weights from body conformation and testicular morphometry in pubertal Boer goats. *Res. J. Anim. Sci*, 3(2), 26-31.

- Kimoto, H., Haga, S., Sato, K., & Touhara, K. (2005). Sex-specific peptides from exocrine glands stimulate mouse vomeronasal sensory neurons. *Nature*, *437*(7060), 898.
- Lacuesta, L., Orihuela, A., & Ungerfeld, R. (2015). Reproductive development of male goat kids reared with or without permanent contact with adult females until 10 months of age. *Theriogenology*, *83*(1), 139-143.
- Livadas, S., & Chrousos, G. P. (2016). Control of the onset of puberty. *Current opinion in pediatrics*, *28*(4), 551-558.
- Ljungvall, K., Veeramachaneni, D. R., Hou, M., Hultén, F., & Magnusson, U. (2008). Morphology and morphometry of the reproductive organs in prepubertal and postpubertal male pigs exposed to di (2-ethylhexyl) phthalate before puberty: Precocious development of bulbourethral glands. *Theriogenology*, *70*(6), 984-991.
- Mandiki, S. N. M., Derycke, G., Bister, J. L., & Paquay, R. (1998). Influence of season and age on sexual maturation parameters of Texel, Suffolk and Ile-de-France rams: 1. Testicular size, semen quality and reproductive capacity. *Small Ruminant Research*, *28*(1), 67-79.
- Mukasa-Mugerwa, E., & Ezaz, Z. (1992). Relationship of testicular growth and size to age, body weight and onset of puberty in Menz ram lambs. *Theriogenology*, *38*(5), 979-988.
- Nava-Trujillo, H., Parra-Olivero, A., Galvis-Carreño, F., Flores-Perdomo, G., & Quintero-Moreno, A. (2017). Relacion entre la CE, predominio racial, la edad, el peso corporal y la ganancia diaria de peso en toros. *Revista Científica*, *27*(1), 62-67.
- 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.
- Okamura, H., Murata, K., Sakamoto, K., Wakabayashi, Y., Ohkura, S., Takeuchi, Y., & Mori, Y. (2010). Male effect pheromone tickles the gonadotrophin-releasing hormone pulse generator. *Journal of neuroendocrinology*, *22*(7), 825-832.
- Osorio, J. P., Jaramillo, L. C., Arroyo, R. J. O., Álvarez, J. C., & Souza, F. A. (2014). Relación entre la CE, el crecimiento testicular y parámetros de calidad de semen en toros de raza Guzerat, desde la pubertad hasta los 36 meses de edad. *Revista de Medicina Veterinaria*, *(27)*, 73-87.
- Pacheco, A., & Quirino, C. R. (2010). Comportamento sexual em ovinos. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, *34*(2), 87-97.
- Roa, J., García-Galiano, D., Castellano, J. M., Gaytan, F., Pinilla, L., & Tena-Sempere, M. (2010). Metabolic control of puberty onset: new players, new mechanisms. *Molecular and cellular endocrinology*, *324*(1-2), 87-94.
- Roldán-Roldán, A., García-Martínez, E., Río-Araiza, V. D., Berruecos-Villalobos, J. M., Zarco-Quintero, L. A., & Valencia, J. (2016). Edad a la pubertad en corderas pelibuey, hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional o continua, nacidas fuera de temporada. *Agrociencia*, *50*(4), 441-448.

- Rosa, H. J. D., & Bryant, M. J. (2002). The 'ram effect' as a way of modifying the reproductive activity in the ewe. *Small ruminant research*, 45(1), 1-16.
- Saab, S. A., Sleiman, F. T., Nassar, K. H., Chemaly, I., & El-Skaff, R. (1997). Implications of high and low protein levels on puberty and sexual maturity of growing male goat kids. *Small Ruminant Research*, 25(1), 17-22.
- Sakurai, K., Ohkura, S., Matsuyama, S., Katoh, K., Obara, Y., & Okamura, H. (2004). Body growth and plasma concentrations of metabolites and metabolic hormones during the pubertal period in female Shiba goats. *Journal of Reproduction and Development*, 50(2), 197-205.
- Santiago-Moreno, J., Toledano-Díaz, A., Castaño, C., Coloma, M. A., Estes, M. C., Prieto, M. T., & López-Sebastián, A. (2013). Photoperiod and melatonin treatments for controlling sperm parameters, testicular and accessory sex glands size in male Iberian ibex: A model for captive mountain ruminants. *Animal reproduction science*, 139(1-4), 45-52.
- Sicilia, J., & Saavedra, P. (2007). Efecto racial en el ratio gonadal de los chivos canarios. *Archivos de Zootecnia*, 56(Su1).
- Sisk, C. L., & Foster, D. L. (2004). The neural basis of puberty and adolescence. *Nature neuroscience*, 7(10), 1040.
- Skalet, L. H., Rodrigues, H. D., Goyal, H. O., Maloney, M. A., Vig, M. M., & Noble, R. C. (1988). Effects of age and season on the type and occurrence of sperm abnormalities in Nubian bucks. *American journal of veterinary research*, 49(8), 1284-1289.
- Souza, L. E. B. D., Cruz, J. F. D., Neto, T., Rezende, M., Nunes, R. D. C. S., & Cruz, M. H. C. (2011). Puberty and sexual maturity in Anglo-Nubian male goats raised in semi-intensive system. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(7), 1533-1539.
- Torretta, M.E. (2017). Caracterización del comportamiento reproductivo de machos cabríos mestizos Criollo x Anglo Nubian en la región sur de Córdoba, Argentina. i. desencadenamiento de la. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(10), 1-17.
- Walkden-Brown, S. W., & Bocquier, F. (2000). 7th International Conference on Goats.