

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



COMPARACIÓN DEL EFECTO DE LA GONADOTROPINA CORIONICA
HUMANA Y EQUINA SOBRE EL COMPORTAMIENTO SEXUAL Y CALIDAD
SEMINAL EN CARNEROS BLACKBELLY

Tesis

Que presenta José Angel Flores Adorno
como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

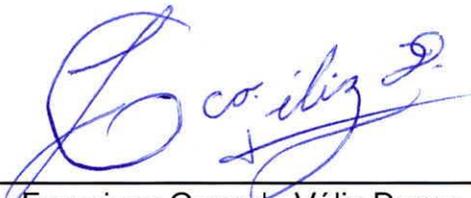
Torreón, Coahuila

Junio 2022

COMPARACIÓN DEL EFECTO DE LA GONADOTROPINA CORIONICA
HUMANA Y EQUINA SOBRE EL COMPORTAMIENTO SEXUAL Y CALIDAD
SEMINAL EN CARNEROS BLACKBELLY

Tesis

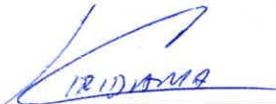
Elaborada por José Ángel Flores Adorno como requisito parcial para obtener el
Grado de Maestro En Ciencias En Producción Agropecuaria con la supervisión
y aprobación del Comité de Asesoría



Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras
Asesor Principal



Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán
Asesor



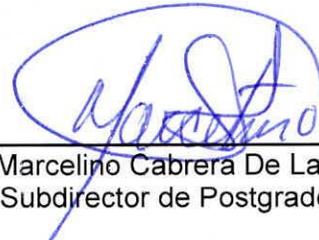
Dra. Viridiana Contreras Villareal
Asesor



Dr. Oscar Angel García
Asesor



Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán
Jefe de Departamento de Postgrado



Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente
Subdirector de Postgrado

Torreón, Coahuila

Junio 2022

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por concederme el deseo de poder continuar con mi preparación académica, por todos sus regalos de salud, inteligencia, humildad y fortaleza, para que mis conocimientos sean siempre usados para hacer el bien.

A mi ALMA MATER, **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, agradecido por todo lo vivido en tan grandiosa institución, por formarme en sus aulas compartiendo sueños y anhelos.

A todo el equipo de trabajo del **Posgrado en Producción Agropecuaria**, por darme una oportunidad de realizar mi maestría, a la **Sra. Aurelia Nájera** por brindarme siempre su asesoría en todos los trámites de la escuela, a mi comité de asesores **Dr. Francisco Gerardo Veliz Deras, Dr. Alan S. Alvarado Espino, Dr. Oscar Angel García, Dra. Viridiana Contreras Villareal, Dra. Leticia R. Gaytan**, gracias por transmitirme todos sus conocimientos, experiencia y consejos en el mundo de la investigación.

A mis maestros qué con su empeño y entusiasmo en las clases, fortalecieron mis conocimientos, mi más grande agradecimiento y admiración a la **Dra. María Guadalupe Calderón Leyva** y al **Dr. Juan Manuel Guillen Muñoz**, por inspirarme a seguir sus pasos.

Al **Dr. Oscar Angel García**, gracias a su dedicación y esfuerzo, los conocimientos que hoy tengo se los debo a usted, no encuentro palabras para agradecerle todas sus enseñanzas y lo que significan para mí. *“APRENDER DE UN GRAN MAESTRO REQUIERE PACIENCIA”*.

Créditos de colaboración en este trabajo de investigación al M.c Andrés Jr. R., Mvz. Emmanuel Chávez G., Mvz. Jorge Luis Jijón M., M.c Juan Roberto, gracias por su sincera amistad, por su disponibilidad en este trabajo, por compartirme sus conocimientos M.c Iván Hernández, M.c Mariana Barragán, Mvz. Benjamín Acebedo, Mvz. Priscila Orta, a Pao por su cariño sincero y por apoyarme siempre que lo he necesitado, a Gaby R., gracias por su cariño que me brinda y sus palabras de motivación que me animan a seguir adelante.

PhD. Miguel Angel Flores Vergara, gracias por su cariño, por sus consejos como tío y como investigador, me ha inspirado a querer seguir sus pasos en el mundo de la ciencia.

DEDICATORIA

A mis padres **Sra. Francisca Adorno Rosales** y **Sr. Javier Flores Vergara**, por darme la vida, por estar conmigo, por iluminar mi camino, por enseñarme a nunca rendirme, a buscar rumbos mejores, por recordarme quien soy cuando se me olvida, gracias por confiar en mí y por su infinito amor y sobre todo gracias por enseñarme el amor por el campo. Todos mis triunfos se los debo a ustedes
PADRES EJEMPLARES, LOS AMO.

A mis hermanos, **Kenia Sarahí, Luis Fernando**, su cariño y compañía son mi motivo de alegrías a ustedes les dedico este triunfo para que se sientan orgullosos de su hermano que los quiere con el alma.

A mis tíos **Diego Adorno Rosales**, por no escatimar recursos para que yo siempre siga estudiando, por su cariño y consejos, **Catalino y Clemente** por estar ahí siempre con sus muestras de cariño.

+ A mi tía **María Emilia Adorno Rosales**, en donde quiera que te encuentres, sé que estarás contenta celebrando este triunfo.

A mis tíos **Miguel y Rosario Flores**, por inspirarme a ser mejor cada día, para mí son como mis padres, los quiero mucho, a mi tía **Gloria y Rocío Flores** por preocuparse por mí, por su cariño y consejos que me han llevado hasta donde hoy estoy, les dedico este triunfo.

A los que siguen mis pasos, espero que cuando lean este trabajo sepan que por ustedes me esfuerzo todos los días, para que un día se sientan orgullosos de mí, que sean ustedes mejor de lo que fui, todo lo que se propongan lo podrán lograr si ustedes quieren y ahí estaré apoyándolos, **Leonardo Eruviel, Jesús, Aline, Nadia, Jairo Emiliano, Abraham, Nadia, Emily, J. Luis Jr.**

“VUELA TAN ALTO COMO LAS AGUILAS, PERO SIEMPRE LLEVA EN TU CORAZON A DIOS”.

~El Peñón I.A.P

Índice

RESUMEN	viii
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1
Hipótesis	1
Objetivo.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA	2
Situación actual de la ovinocultura en México.....	2
Sistemas de producción ovina	2
Eficiencia reproductiva	3
Evaluación reproductiva del macho	4
Examen físico de los machos.....	5
Inspección del aparato reproductor del macho	5
Comportamiento sexual del macho.....	7
Evaluación del semen	9
Factores que influyen en la eficiencia reproductiva de los carneros	12
Estacionalidad.....	12
Nutrición.....	13
Edad	14
Tratamientos hormonales para mejorar el comportamiento sexual y la calidad seminal de los machos.....	14
MATERIALES Y MÉTODOS	16
Localización, animales y manejo	16
Diseño experimental y variables evaluadas.....	17
Análisis estadístico.....	19
RESULTADOS	19
DISCUSIÓN	21
CONCLUSIÓN	24
REFERENCIAS	25

Lista de figuras

Figura 1. Evaluación reproductiva del semental. Tomado de Maquivar et al., 2020.

Figura 2. Órganos y tejidos del aparato reproductor del carnero. Se muestra un aumento de la sección del testículo donde se muestra los túbulos seminíferos. Adaptado de González et al., 2021.

Figura 3. Sección del epitelio germinal de los túbulos seminíferos con diferentes estadios en la formación de los espermatozoides. Adaptado de Kaur et al., 2014.

Figura 4. Esquema del diseño experimental.

Figura 5. Medias (\pm Desvstd) del peso, condición corporal, olor y circunferencia escrotal de carneros Blackbelly tratados con hCG, eCG o control (n=5) durante la estación reproductiva. NS= No significativo

Lista de cuadros

Cuadro 1. Principales conductas relacionadas con las conductas sexuales apetitivas y consumatorias de los carneros.

Cuadro 2. Calidad seminal de carneros Blackbelly tratados con 5 dosis de 100 UI de hCG, eCG o solución salina (G-Control) (n= 5) a intervalos de 7 días durante la estación reproductiva.

Cuadro 3. Comportamiento sexual apetitivo y consumatorio de carneros Blackbelly tratados con 5 dosis de 100 UI de hCG, eCG o solución salina (G-Control) (n= 5) a intervalos de 7 días durante la estación reproductiva.

RESUMEN

COMPARACIÓN DEL EFECTO DE LA GONADOTROPINA CORIONICA HUMANA Y EQUINA SOBRE EL COMPORTAMIENTO SEXUAL Y CALIDAD SEMINAL EN CARNEROS BLACKBELLY

José Angel Flores Adorno

Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna

Dr. Francisco Gerardo Veliz Deras

El objetivo del presente estudio fue comparar el efecto de la gonadotropina coriónica humana (hCG) o equina (eCG) sobre la calidad seminal y el comportamiento sexual en carneros de raza Blackbelly. El estudio se realizó en el norte de México durante la estación reproductiva (26° N). Se utilizaron 15 carneros adultos divididos en tres grupos (n= 5) homogéneos en cuanto a peso vivo (47.5 ± 1.5) y condición corporal (2.5 ± 0.5). Un grupo de machos se trató con 100 UI de hCG (G-hCG; Chorulon, Intervet, México), un segundo grupo se trató con 100 UI de eCG (G-eCG; Serigan, Intervet, México) y los machos del tercer grupo se trataron con solución salina (G-Control). En total se aplicaron 5 dosis con 7 días de intervalo entre ellas. Semanalmente se registró el peso corporal, condición corporal, circunferencia escrotal y el olor. La calidad seminal se evaluó 30 días después a la última aplicación hormonal (60 días después de iniciado el experimento) al igual que las conductas sexuales del macho para lo cual se utilizó una hembra en celo. No se observaron diferencias significativas entre tratamientos con respecto al peso, condición corporal y circunferencia escrotal ($P > 0.05$). El olor fue mayor en los grupos tratados con gonadotropinas que en el grupo control ($P < 0.0001$). Así mismo, no se observaron diferencias significativas

en la calidad seminal entre tratamientos ($P>0.05$). El número de montas fue mayor en los carneros tratados con hCG y eCG ($P<0.05$) que en los machos del grupo control ($P>0.05$). En conclusión, los machos tratados con gonadotropinas muestran un aumento en el olor. Los machos tratados con hCG mostraron un mayor número de montas que los machos control. Sin embargo, las características seminales no mejoraron con la administración de hCG ni eCG.

Palabras clave: Espermatogénesis, Libido, Ovejas de pelo, Estacionalidad, Testosterona

ABSTRACT

COMPARISON OF THE EFFECT OF HUMAN AND EQUINE CHORIONIC GONADOTROPIN ON SEXUAL BEHAVIOR AND SEMINAL QUALITY IN BLACKBELLY RAMS

Jose Angel Flores Adorno

Master of Science in Agricultural Production

Autonomous Agrarian University Antonio Narro Laguna Unit

Dr. Francisco Gerardo Veliz Deras

The aim of this study was to compare the effect of human (hCG) or equine (eCG) chorionic gonadotropin on seminal quality and sexual behavior in Blackbelly rams. The study was conducted in northern Mexico during the breeding season (26° N). Fifteen adult rams divided into three groups (n= 5) homogeneous in terms of live weight (47.5 ± 1.5) and body condition (2.5 ± 0.5) were used. One group of males was treated with 100 IU of hCG (G-hCG; Chorulon, Intervet, México), a second group was treated with 100 IU of eCG (G-eCG; Serigan, Intervet, México) and the males of the third group they were treated with saline solution (G-Control). In total, 5 doses were applied with a 7 days interval between them. Body weight, body condition, scrotal circumference, and odor were recorded weekly. Seminal quality was evaluated 30 days after the last hormonal application (60 days after the start of the experiment) as well as the sexual behavior of the male, for which a female in heat was used. No significant differences were observed between treatments with respect to weight, body condition and scrotal circumference ($P>0.05$). Odor was higher in the gonadotropin-treated groups than in the control group ($P<0.0001$). Likewise, no significant differences were observed in seminal quality between treatments ($P>0.05$). The number of mounts was higher in rams treated with hCG and eCG ($P<0.05$) than in control males ($P>0.05$). In conclusion, males treated with gonadotropins show an increase in odor. The hCG-treated males

showed a higher number of mounts than the control males. However, semen characteristics did not improve with the administration of hCG or eCG.

Keywords: Spermatogenesis, Libido, Hair Sheep, Seasonality, Testosterone.

INTRODUCCIÓN

El desempeño reproductivo de los carneros tiene un impacto significativo sobre la productividad del rebaño, ya que un macho tiene el potencial de afectar a un gran número de hembras afectando directamente al rebaño entero (Stellflug *et al.*, 2008; Maquivar *et al.*, 2021). En especies estacionales, el desempeño reproductivo de los machos tiene un impacto mayor, ya que, si las hembras no quedan gestantes, se debe esperar hasta la siguiente estación reproductiva para que vuelvan a tener la oportunidad de preñarse disminuyendo el progreso genético y aumenta los costos por eliminación temprana de los sementales (Uthlaut *et al.*, 2011; Ridler *et al.*, 2012).

El comportamiento sexual y la calidad seminal en carneros se puede ver influenciada por diversos factores como la estacionalidad, nutrición, edad, relaciones sociosexuales como la dominancia y enfermedades (Maquivar *et al.*, 2021). En carneros, se han evaluado diversas estrategias para aumentar el comportamiento sexual y la calidad seminal. La hCG, así como la eCG han sido utilizadas extensamente para inducir la ovulación en hembras (Menchaca y Rubianes, 2004; Alvarado-Espino *et al.*, 2019) y en machos para inducir la pubertad (Boveda *et al.*, 2017), para analizar la función reproductiva de los machos (Garnier y Saez, 1980) e inducir y mejorar la espermatogénesis durante y fuera de la estación reproductiva, respectivamente (Ungerfeld *et al.*, 2018).

Hipótesis

La administración de gonadotropinas mejorará el comportamiento sexual y la calidad seminal en carneros Blackbelly y que la respuesta será similar con hCG y eCG.

Objetivo

Comparar el uso de la hCG y eCG sobre la calidad seminal y el comportamiento sexual en carneros Black belly durante la estación reproductiva.

REVISIÓN DE LITERATURA

Situación actual de la ovinocultura en México

La ovinocultura es una actividad del sector agropecuario que tiene como propósito la producción de alimentos de origen animal como carne, leche y lana (Morris, 2009). A nivel mundial se calcula que existen más de 1, 263, 136,644 de ovejas, las cuales se encuentran bajo diferentes sistemas de producción (FAOSTAT, 2020). La producción mundial y los precios de la carne de cordero son muy variables por la influencia de diversos factores como, la oferta y la demanda, las costumbres y tradiciones de algunas culturas, enfermedades de los animales y cuestiones ambientales (Almadani *et al.*, 2021).

La producción de carne ovina a nivel mundial la lideran tres continentes: Asia, en el cual China y la India son los principales productores, en Oceanía, Australia y Nueva Zelanda también producen parte importante de la carne, en Europa, la Unión Europea y el Reino Unido destacan dentro de la producción de carne ovina, en América Latina, Brasil ocupa el primer lugar de la producción, México se encuentra en segundo lugar, seguido por Argentina y Perú. En el continente asiático es donde se tiene más del 50% del consumo mundial (Santoyo-Cortés *et al.*, 2021).

En México el 10% de la producción se destina para autoconsumo familiar donde la comercialización del ganado ovino se realiza con la compra de animales en pie o mejor conocido como “a bulto” (SAGARPA, 2010). El resto de la producción se destina a la venta, con el que se prepara la barbacoa, un platillo tradicional mexicano de los cuales los principales estados consumidores son la Ciudad de México, el Estado de México, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Querétaro y Morelos (SAGARPA, 2010).

Sistemas de producción ovina

En un inicio la ovinocultura solo se veía como una actividad de traspatio, la cual funcionaba como un método de ahorro para el productor, sin embargo,

actualmente se está transformando en una actividad productiva y rentable (Calderón-Cabrera, 2020). Según el nivel tecnológico con la que cuenten, los sistemas de producción ovina se pueden clasificar como extensivos, semi-intensivos e intensivos, o bien, según el tamaño del rebaño, la cantidad de materia prima y tecnología utilizada se pueden clasificar en tradicionales, transicionales y empresariales (Pérez-Hernández *et al.*, 2011).

En México la producción de ganado ovino se realiza bajo un sistema tradicional de pastoreo, en el cual los animales salen por la mañana a pastorear y por la tarde regresan a sus corrales. El sistema es caracterizado por tener potreros con baja cubierta vegetal, poca tecnología y escasa asesoría técnica, lo cual repercute negativamente en los parámetros productivos (Hernández-Marín *et al.*, 2017). En México, el ganado ovino es principalmente de tipo criollo y un porcentaje bajo son de razas puras como: Suffolk, Hampshire, Rambouillet y Corriedale (SADER, 2017). De las ovejas de pelo, las razas Pelibuey y Blackbelly son las más predominantes y fueron las primeras ovejas de pelo introducidas al país (Galina *et al.*, 1996; Macedo *et al.*, 2016). Debido a su gran adaptabilidad a las diferentes condiciones ambientales y de manejo, nula actividad estacional en su actividad reproductiva y buena fertilidad se han dispersado por gran parte del territorio nacional (Rodríguez-Hernandez *et al.*, 2020).

Eficiencia reproductiva

El desempeño reproductivo de los animales es uno de los factores más importantes debido a su impacto en la rentabilidad general del rebaño ya que la fertilidad afecta la producción y la eficiencia económica de la industria ovina (Maquivar *et al.*, 2021). La tasa reproductiva determina el número de carneros disponibles para la venta, además proporciona más ovejas y carneros para seleccionar lo que permite una mayor intensidad de selección y por lo tanto una mayor ganancia genética del rebaño (L. D. Brash *et al.*, 1994). En ovejas manejadas en sistemas extensivos la fertilidad se encuentra entre el 72.5% y el 92% (Brasch *et al.*, 1994; Bonilla Ángeles *et al.*, 1993).

La fertilidad de las ovejas depende en gran medida de los carneros del rebaño (Fthenakis *et al.*, 2001). Carneros con un bajo comportamiento reproductivo resulta en la necesidad de tener carneros adicionales, extiende la temporada de apareamientos y disminuye el número de corderos nacidos por oveja parida (Alexander *et al.*, 2012). De acuerdo con Alexander *et al.* (2012) alrededor del 23 al 43% de los carneros son clasificados con un bajo desempeño reproductivo por lo que la selección de carneros con un mejor desempeño reproductivo podría disminuir los costos de los carneros y mejorar la incorporación de la genética deseada en el rebaño. Es por ello que la evaluación reproductiva del macho forma parte del manejo reproductivo del rebaño con la finalidad de identificar aquellos machos con problemas reproductivos y eliminarlos del rebaño (Gouletsou, y Fthenakis, 2010)

Evaluación reproductiva del macho

La evaluación reproductiva de los machos consiste en un examen físico de los sementales, la inspección de los órganos del aparato reproductor, el comportamiento sexual o libido y la evaluación del semen (Ott y Memon, 1980)



Figura 1: Evaluación reproductiva del semental tomado de Maquivar *et al.*, 2020

La evaluación reproductiva permite:

- Eliminar sementales no aptos para la reproducción
- Aumentar la fertilidad del hato
- Prevenir la propagación de defectos hereditarios y algunas enfermedades dentro del hato
- Bajar los costos de manutención por animales improductivos

(Canto *et al.*, 2012)

Examen físico de los machos

El examen físico de los machos consiste básicamente en reunir la historia clínica del animal como enfermedades previas o vacunaciones además de la inspección de la boca y los dientes y la determinación de la edad del animal, la evaluación de la conformación general de las extremidades torácica y pélvicas, así como la evaluación de la condición corporal (Gouletsou, y Fthenakis, 2010; Maquivar *et al.*, 2021).

Inspección del aparato reproductor del macho

La importancia de la inspección del aparato reproductor del macho se basa en que este tiene dos funciones muy importantes que son la producción y transporte de los gametos y la fabricación de hormonas. En dichos procesos participan diferentes órganos y tejidos, entre los que se encuentran los testículos, el epidídimo, conducto deferente, escroto, glándulas accesorias y el pene (Figura 1).

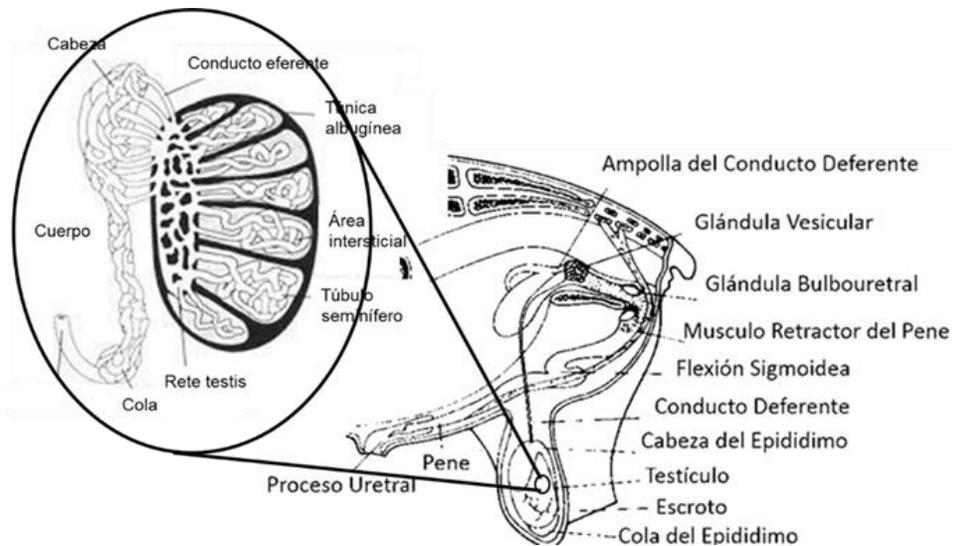


Figura 2. Órganos y tejidos del aparato reproductor del carnero. Se muestra un aumento de la sección del testículo donde se muestra los túbulos seminíferos
Adaptado de González *et al.* (2021).

Los testículos son los órganos más importantes del aparato reproductor ya que en ellos se producen los espermatozoides y la testosterona, hormona responsable de la espermatogénesis, el comportamiento sexual del macho y del desarrollo de las características sexuales secundarias (Staub y Jonhson, 2018). Los testículos se sitúan afuera del cuerpo en el escroto y contienen una red de túbulos denominados túbulos seminíferos en donde se forman los espermatozoides a partir de las espermatogonias (Liu y Ott, 2018). El epidídimo es un único tubo que se enrolla en la superficie de cada testículo donde los espermatozoides terminan de madurar y luego se almacenan para la posteriormente ser expulsados durante la eyaculación. El epidídimo se compone de la cabeza, cuerpo y cola, y se une al testículo en el polo craneal y lo envuelve hasta el polo caudal (Liu y Ott, 2018; González *et al.*, 2021). Las glándulas accesorias son las vesículas seminales, próstata y glándulas bulbouretrales las cuales se encargan de producir el plasma seminal que en conjunto con los espermatozoides conforman el semen (García- Rodríguez *et al.*, 2020). El semen es depositado en el orificio externo del cérvix en la oveja. El pene tiene una estructura fibroelástica y en el glande, presenta una extensión conocida como

proceso uretral, que mide de 3 a 4 cm que lubrica la entrada del cérvix al momento de la eyaculación (Cole *et al.*, 1984).

Para el examen del aparato reproductor, los animales deben estar debidamente sujetos y en una posición que permite la exposición completa del escroto, el prepucio, el pene y la zona inguinal (Gouletsou, y Fthenakis, 2010). Los órganos se inspeccionan por palpación buscando la presencia de abscesos, lesiones cortantes, mordeduras, lesiones de sarna o cualquier otra lesión de la piel que pueden alterar la espermatogénesis ya que comprometen la termorregulación en los testículos (Gouletsou, y Fthenakis, 2010; Maquivar *et al.*, 2021). Además de lo anterior, la medición de la circunferencia escrotal (SC) es una parte esencial de la evaluación reproductiva. Si bien el tamaño de los testículos varía según la raza, la edad y la época del año, el valor mínimo de la circunferencia escrotal en machos jóvenes y adultos debe ser de 26 y 28 cm, respectivamente (Söderquist y Hultén, 2006).

Comportamiento sexual del macho

El comportamiento sexual del macho es un componente elemental de la evaluación reproductiva del macho (Ott y Memon, 1980). Para evaluar el comportamiento sexual de los carneros o libido existen diferentes pruebas de comportamiento también conocidas como pruebas de capacidad de servicio o pruebas de libido (Ridler *et al.*, 2012) las cuales pueden hacerse con la introducción de carneros con las ovejas en corrales abiertos o cerrados, utilizando intervalos de prueba largos o cortos, usando ovejas en estro o restringidas o sin restricciones o bien poniendo uno o múltiples carneros en la arena de prueba a la vez (Ridler *et al.*, 2012). La evaluación consiste en registrar las conductas sexuales que realizan los machos hacia las hembras durante el tiempo que dure la prueba. Las conductas sexuales se pueden clasificar en apetitivas y consumatorias (Calderón-Leyva *et al.*, 2018). Las conductas sexuales apetitivas (CSA) consisten en la búsqueda y el cortejo de una hembra en celo, mientras que las Conductas Sexuales Consumatorias (CSC) consisten en las

conductas de monta y montas con eyaculación. En el cuadro 1 se describen las conductas de los carneros.

Cuadro 1. Principales conductas relacionadas con las conductas sexuales apetitivas y consumatorias de los carneros. Adaptado de Calderón-Leyva *et al.*, 2018

Conducta	Descripción
Comportamiento sexual apetitivo	
Flehmen	Elevación de la cabeza y del labio superior hacia atrás en respuesta al olor de la orina de la hembra o del ambiente
Olfateo anogenital	Olfateo de la región perianal de la hembra
Aproximaciones	Acercamiento del macho al flanco de la hembra
Pataleo	Elevación del miembro anterior
Vocalizaciones	Emisión regular de silbidos cuando el macho se acerca a la hembra
Comportamiento sexual consumatorio	
Intentos de monta	Cuando el macho se para detrás de la hembra y eleva sus miembros anteriores intentando copular con la hembra, pero sin penetración
Monta	Introducción del pene en la hembra acompañado de uno o más golpes de riñón

El comportamiento sexual de los carneros tanto el apetitivo como el consumatorio permiten a los machos identificar a las hembras en celo y aparearse con las hembras para fertilizar al ovulo, respectivamente (Uthlaut *et al.*, 2011; Calderón-Leyva *et al.*, 2018). Los machos que muestran un mayor número de conductas tienen una mayor capacidad reproductiva (Mozo *et al.*, 2019) y es un factor determinante para inducir el celo en las hembras anovulatorias (Perkins and Fitzgerald, 1994; Fabre-Nys *et al.*, 2015). La intensidad del comportamiento sexual es dependiente de las concentraciones de testosterona (Fulkerson *et al.*, 1981; Tejada *et al.*, 2017) la cual realiza el control de la actividad sexual a través del área preóptica del hipotálamo de los carneros (Orihuela, 2014).

Evaluación del semen

En un estudio en el que se incluyeron 14,667 evaluaciones reproductivas se determinó que aproximadamente el 33% de los carneros fueron clasificados como no aptos, de los cuales la mitad se debió a problemas relacionados con la calidad del semen (Van Metre *et al.*, 2012).

La espermatogénesis son una serie de procesos fisiológicos y bioquímicos que ocurren en los machos, que después de una serie de fenómenos de proliferación y diferenciación de las espermatogonias en los túbulos seminíferos (incluyendo mitosis, meiosis y espermiogénesis), dan como resultado final a los espermatozoides (Figura 2). En los carneros, la espermatogénesis dura aproximadamente 63 días, de los cuales durante 49 días se forman los espermatozoides y dentro de otros 14 días terminan de madurar en el epidídimo (Simonetti *et al* 2014).

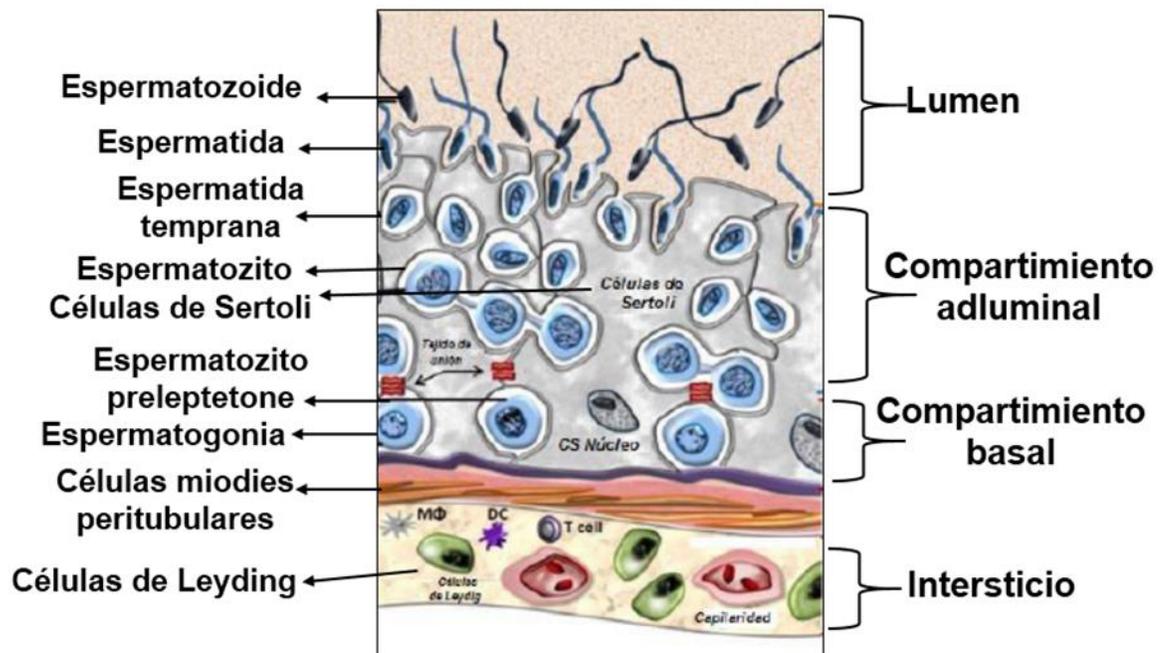


Figura 3. Sección del epitelio germinal de los túbulos seminíferos con diferentes estadios en la formación de los espermatozoides, adaptado de Kaur *et al.*, (2014).

La GnRH, secretada por el hipotálamo, es la responsable de la regulación de la función reproductiva del macho y de la espermatogénesis. La GnRH estimula la síntesis y liberación de LH y FSH por la hipófisis anterior que estimulan la función de las gónadas. Los efectos de la LH sobre los testículos están mediados por la estimulación de la síntesis de testosterona en las células de Leydig, mientras que la acción de la FSH está mediada por receptores específicos localizados exclusivamente en las células de Sertoli (Handelsman *et al.*, 1999). Bajo el efecto de la LH, las células de Leydig inician la síntesis de testosterona la cual es necesaria para mantener la espermatogénesis (Amann, 1983; Handelsman *et al.*, 1999). En toros, la producción periódica de testosterona por las células de Leydig alcanza una concentración intratesticular mayor a 300 ng/g o de 100 a 300 veces más la concentración de testosterona en sangre periférica la cual llega a ser de 2 a 10 ng/mL (Amann, 1983). La testosterona alcanza el hipotálamo y la hipófisis donde tiene un efecto de retroalimentación negativa sobre la producción de GnRH, LH y FSH suprimiendo su secreción (Figura 3). La testosterona es el principal andrógeno circulante en los machos y es esencial para la espermatogénesis, la correcta maduración de los espermatozoides en el epidídimo, la motilidad espermática y la expresión de las características sexuales secundarias (Chandrasekhar *et al.*, 1985; Oliveira-Souza *et al.*, 2011).

La FSH es necesaria para el funcionamiento normal del testículo y para el desarrollo y establecimiento de la población de células de Sertoli (Kilgour *et al.*, 1998); Oduwole *et al.*, 2018). La FSH actúa directamente sobre las células de Sertoli para mantener la espermatogénesis. La función principal de la FSH es regular el desarrollo de la espermatogonia y a la pubertad es la responsable de la proliferación y maduración de las células de Sertoli (McLachlan, 2000).

La evaluación de la calidad seminal permite identificar anomalías en la espermatogénesis a través de una muestra del semen que pueden afectar su desempeño reproductivo y que permitirá tomar decisiones sobre el potencial reproductivo de los carneros (Córdova-Izquierdo *et al.*, 2006). Las muestras de semen pueden ser obtenidas mediante vagina artificial o bien mediante un

electroeyaculador (Abril-Sánchez *et al.*, 2019). La recolección del semen mediante vagina artificial se realiza presentando al carnero una oveja en celo o en su defecto un maniquí y cuando el macho logra la erección y monta a la hembra, se desvía el pene hacia la vagina artificial, se produce la eyaculación inmediata (Gibbons *et al.*, 2008). Por su parte, el electroeyaculador se utiliza con aquellos animales de temperamento nervioso que no logran eyacular en vagina artificial (Abril-Sánchez *et al.*, 2019). Una vez recolectado, el semen debe ser evaluado lo antes posible para evitar alteraciones principalmente en la motilidad (Hahn *et al.*, 2019).

Para determinar la calidad del semen se han utilizado diversas técnicas como el volumen del semen, la motilidad, la concentración y la morfología de los espermatozoides desafortunadamente no se ha desarrollado una sola prueba que determine de manera precisa la fertilidad de los eyaculados (Ott y Memon, 1980).

El volumen del semen es uno de los primeros parámetros evaluados del eyaculado. Este se toma directamente del tubo de recolección y se evalúan otros aspectos como el color y el olor los cuales pueden indicar problemas infecciosos. En machos ovinos el volumen del eyaculado va de 0.75 a 2 ml en promedio y algunos factores como la edad del animal, el tamaño, la condición corporal y la frecuencia de recolección pueden influir en la cantidad de semen recolectado (Cueto *et al.*, 2016; Córdova Izquierdo *et al.*, 2016).

La motilidad del semen o actividad de masa de los espermatozoides (movimiento ondulatorio de semen sin diluir y recién recolectado) y la motilidad de los espermatozoides (porcentaje de espermatozoides que se mueven progresivamente en semen diluido) se estiman en un microscopio (Ott y Memon, 1980). La actividad de masa generalmente se describe mediante una calificación o puntaje de 0 a 5 (donde 0 se refiere a ningún movimiento de onda y 5 a ondas de movimiento muy rápido) y es una de las pruebas más utilizadas para determinar la calidad del semen (David *et al.*, 2015).

La concentración espermática determina el número de células espermáticas por unidad de volumen y se expresa en millones por mL de eyaculado ($\times 10^6$ /ml) (Evans y Maxwell, 1990). Se puede estimar usando un hemocitómetro para muestras iniciales u ocasionales, pero el uso de un espectrofotómetro calibrado es común para la evaluación de rutina del número de espermatozoides (Ott y Memon, 1980).

Finalmente, la morfología espermática permite identificar anomalías en la forma del espermatozoide que interfieren con la fecundación del ovulo (Madrid y Bohada, 1993). Este estudio es fundamental para clasificar anomalías y para definir porcentajes de espermatozoides normales las cuales no deben superar un 30% de anomalías (Tribulo *et al.*, 2017). Dentro de las principales anomalías morfológicas en los espermatozoides se encuentran colas dobladas o enrolladas, espermatozoides sin cabeza, vacuolas nucleares, malformaciones en cabeza y núcleos anormales que afectan la fertilidad de las células (Caravaca *et al.*, 2003). Además, daños en la membrana espermática, tienen menor posibilidad de fecundar al ovulo, debido a una capacitación espermática prematura (Ruiz *et al.*, 2015).

Factores que influyen en la eficiencia reproductiva de los carneros

Estacionalidad

Algunas razas de ovinos manifiestan un período de reposo sexual estacional. Este patrón estacional está estrechamente relacionado con las señales medio ambientales, como la duración de las horas luz del día (fotoperiodo) (Santiago-Moreno *et al.*, 2013) a las que se encuentran sometidos los animales y se puede observar más ampliamente en aquellas zonas geográficas en las que existen variaciones muy marcadas en la duración del día durante todo un año (Núñez - Favre *et al.*, 2013). Los carneros exhiben fluctuaciones estacionales en el comportamiento sexual, la actividad hormonal, la gametogénesis y también en el peso y volumen testicular los cuales son más altos al final del verano y en otoño y bajan en el final del invierno y en la primavera (Rosa y Bryant, 2003). Si bien el

carnero conserva algo de fertilidad en la temporada no reproductiva, este período se caracteriza por una reducción de la libido, el tamaño testicular, la calidad y cantidad del esperma, lo que posteriormente conduce a un período de productividad reducida (Pool *et al.*, 2020).

Cadena-Villegas *et al.* (2020) han informado que en México (19° LN) las razas ovinas de pelo siguen un patrón estacional en su actividad reproductiva, pues en épocas reproductivas hay diferencia en los parámetros de la calidad seminal como son (volumen, concentración, motilidad) los cuales aumentan durante esta época y bajan durante el anestro estacional, aunque algunos carneros, tienen la facultad de producir semen y poder montar a las hembras durante todo el año.

Nutrición

La nutrición afecta la función reproductiva en dos tipos de proceso fisiológico el primero es a través del proceso metabólico y centros reproductivos del cerebro, lo que conduce a un cambio en la producción de GnRH y por lo tanto la secreción de LH y FSH y otra a través de vías independientes de los cambios en la secreción de GnRH (Martin *et al.*, 2010). Además, el valor nutritivo de la dieta ha sido estudiado como posibles determinantes de la función y/o fertilidad de los espermatozoides (Islam *et al.*, 2020). Las respuestas del carnero a las manipulaciones nutricionales se pueden dividir en efectos a corto plazo que actúan principalmente sobre el sistema neuroendocrino que controla la actividad testicular y a largo plazo cuyos efectos actúan sobre el crecimiento testicular y la producción de espermatozoides (Maurya *et al.*, 2010). De acuerdo con Maurya *et al.* (2010) los carneros tienen una mejor eficiencia reproductiva si la condición corporal se encuentra entre 3.0 y 3.5 puntos que en aquellos que tienen una condición corporal menor (2.5) y mayor a 4.0, lo que indica la importancia de mantener un nivel óptimo en la condición corporal de los carneros.

Edad

Los ovinos alcanzan la pubertad cuando alcanzan entre el 60 y el 70% de su peso corporal adulto, no obstante, esta puede variar debido a las diferencias existentes entre razas, especies, época de nacimiento y la nutrición (Mantecón *et al.*, 2006). La pubertad se define como la edad en la que aparecen espermatozoides en el eyaculado capaces de fertilizar al óvulo, muestran interés por las hembras y la testosterona alcanza 2 ng/mL en la sangre (Chacón *et al.*, 2019). Sin embargo, la madurez sexual y la calidad seminal es influenciada por la edad (Santos *et al.*, 2016). En un estudio Mandiki *et al.* (1998) mencionan que la calidad seminal evaluada a partir de la viabilidad y morfología de los espermatozoides fue mejor durante el 3er año de edad que justo después del establecimiento de la pubertad concluyendo que la eficiencia de la espermatogénesis es mayor en adultos que en carneros púberes, una respuesta similar con respecto al comportamiento sexual de los carneros (Mahmoud, 2013).

Tratamientos hormonales para mejorar el comportamiento sexual y la calidad seminal de los machos

En la actualidad existen diversos métodos para mejorar el comportamiento sexual y la calidad seminal de los machos. Entre las diferentes alternativas que se pueden utilizar se encuentra el uso de gonadotropinas. La eCG es una hormona que produce la yegua cuando se encuentra gestante, posee efecto de FSH y LH, por lo cual es apta para estimular a las células de Leyding promoviendo la esteroidogénesis, principalmente la producción de testosterona, a las células de Sertoli, que se encargan de promover la espermatogénesis (Murphy y Martinuk, 1991). Esta hormona ha sido muy estudiada su función en ovejas y vacas para inducir el desarrollo folicular y la ovulación, aunque en machos ha sido poco estudiada (Ungerfeld *et al.*, 2018).

Beracochea *et al.* (2018), realizaron un estudio en el cual a un grupo de machos cabríos se les administraron una dosis inicial de 800 UI de eCG, seguida de

cuatro dosis más de 500 UI, administradas cada 5 días observando una mayor concentración de testosterona, un mayor porcentaje de espermatozoides móviles y de espermatozoides con motilidad progresiva que en los machos control. Además, Ungerfeld *et al.* (2018) demostraron que la administración de eCG a carneros desencadena un aumento de las concentraciones de testosterona durante la época reproductiva y no reproductiva, y se relacionó con un mejor comportamiento sexual.

Por su parte, la gonadotropina coriónica humana (hCG) es sintetizada de modo natural durante el embarazo por el tejido trofoblástico (Cole, 2010). Durante el embarazo la hCG mantiene la esteroidogénesis del cuerpo lúteo hasta que la placenta alcance su desarrollo adecuado y pueda realizar esta función por sí misma (Mann, 1990). La hCG tiene una estructura similar a la LH y actúa uniéndose a su receptor en las células de Leydig (Cole, 2010). Shore *et al.* (2003), probaron el efecto de la administración de hCG sobre la concentración de testosterona en el plasma seminal en carneros durante la época no reproductiva. Observaron que en más de la mitad de los carneros tratados aumentaron al doble su concentración de testosterona en el plasma seminal dentro de las 24 h, aunque una semana después en las muestras que se tomaron no se observó ningún efecto. En efecto, Ranghraz-Tavakoli *et al.* (2018) estudiaron los efectos de la administración de hCG demostrando que la inyección de hCG aumentó significativamente el semen volumen, motilidad progresiva, viabilidad, concentración y espermatozoides totales.

La GnRH es sintetizada en el hipotálamo por neuronas especializadas mediante un procesamiento enzimático (Fink, 1988; Seeburg *et al.*, 1987). La GnRH se libera por pulsos sincronizados desde el nervio; estos estimulan la biosíntesis y la secreción de LH y FSH (Fink, 1988), las que se liberan mediante cambios en la frecuencia de pulsos de la GnRH, efectos moduladores del esteroide gonadal y hormonas peptídicas a la respuesta de FSH y LH a la GnRH. Los agonistas de GnRH se han usado para inducir un incremento acelerado en la síntesis y secreción de gonadotropinas y, por tanto, en la secreción de andrógenos. Estas

hormonas pueden usarse para aumentar la capacidad reproductiva de los machos (Fraser y Lincoln, 1980). Giriboni *et al.* (2018) mencionan que la administración diaria de un análogo de GnRH durante 10 días a los machos aumento de la secreción de testosterona y mejora la calidad espermática durante la época no reproductiva.

Otras hormonas utilizadas para mejora la calidad en los carneros especialmente fuera de la estación reproductiva están la melatonina y la testosterona. En carneros, el tratamiento con testosterona mejora la motilidad y la velocidad rectilínea en el semen Gil *et al.* (2020) al igual que en machos caprinos en los cuales el tratamiento con testosterona aumento el volumen, la concentración espermática, el olor del macho y los niveles séricos de testosterona después de tres semanas de tratamiento (Ángel-García *et al.*, 2015). A su vez, la melatonina se utiliza para adelantar la pubertad y la estación reproductiva (Kleemann *et al.*, 2021). La melatonina mejora la motilidad progresiva de los espermatozoides y la integridad del ADN además, mejora la fertilidad del carnero, al mejorar la función testicular y el de las glándulas sexuales accesorias (Pool *et al.*, 2020).

MATERIALES Y MÉTODOS

Todos los procedimientos realizados en los animales experimentales se llevaron a cabo de acuerdo con los lineamientos de la Norma Oficial Mexicana 062-Z00-1999 referente a las especificaciones Técnicas para la Producción, Cuidado y Uso de los Animales de Laboratorio.

Localización, animales y manejo

El experimento se realizó en el municipio de Matamoros Coahuila, México localizado a 26° N y 104° O y a una altitud 1120 msnm. La precipitación media anual y temperatura fue de 230 mm y 24 °C respectivamente, con temperaturas máximas de 41°C en mayo y junio y mínimas de -1 °C en diciembre y enero. El experimento se llevó a cabo de septiembre a octubre. Se utilizaron 15 carneros adultos Black Belly de entre 1 a 2 años de edad de fertilidad probada, los cuales fueron separados de las hembras un mes antes del inicio del experimento y

fueron entrenados a eyacular en la vagina artificial. Al inicio del periodo experimental los machos no presentaban signos aparentes de enfermedad. La alimentación de los machos consistía en una dieta a base de silo de maíz y heno de alfalfa que cubría todos sus requerimientos nutricionales.

Diseño experimental y variables evaluadas

Los machos fueron distribuidos homogéneamente en tres grupos experimentales (n = 5) de acuerdo a su peso y condición corporal. Los tratamientos consistieron en la administración intramuscular de 5 dosis de 100 UI de hCG (G-hCG; Chorulon, Intervet, México) o eCG (G-eCG; Serigan, Laboratorio Ovejero, México) cada 7 días recibiendo en total 500 UI de gonadotropinas y un grupo control (G-Control) a los que únicamente se le administró solución salina. Los grupos experimentales tenían una separación de al menos 100 m lineales entre los corrales. En la Figura 3 se muestra el esquema experimental del estudio.

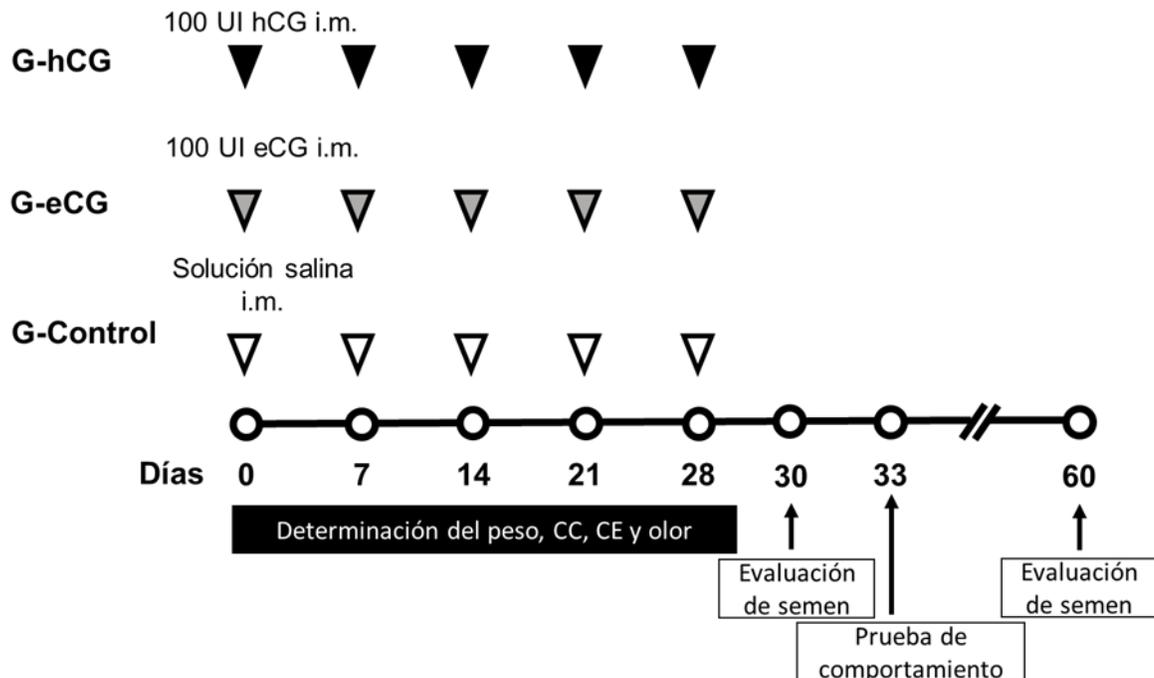


Figura 4. Esquema del diseño experimental. Se utilizaron 5 carneros Blackbelly por tratamiento. Las aplicaciones se realizaron por vía intramuscular (i.m.). El día de la aplicación de las hormonas se registraron el peso corporal, condición corporal (CC), circunferencia escrotal (CE) y el olor de los carneros. El experimento se realizó durante la estación reproductiva. Para la extracción del semen y la prueba de comportamiento se utilizó una hembra en celo

El peso corporal, condición corporal, circunferencia escrotal y el olor se determinaron cada 7 días en cada uno de los tratamientos. El peso corporal se determinó con una báscula digital (Torrey®, Modelo EQM 400-800) con capacidad para 400 kg. La condición corporal se evaluó en una escala del 1 al 5 (Russel, 1984). La circunferencia escrotal se determinó una cinta métrica flexible colocada en la parte más ancha del escroto. La intensidad de olor se determinó de acuerdo con el método descrito por Walkden-Brown et al. (1994) la cual se determina oliendo la parte medial de la cabeza del semental, usando una escala del 0 al 3, donde 0 es muy bajo y 3 es muy fuerte. Todas las mediciones se realizaron por el mismo técnico.

Se recolectó una muestra de semen de cada macho 60 días posteriores después del inicio del experimento. El semen se recolectó mediante una vagina artificial. Inmediatamente después de la recolección el semen se colocó en un baño maría a 37 °C hasta su evaluación. Se evaluó la latencia a la eyaculación determinada como el tiempo que transcurre entre la entrada del macho con la hembra en celo y la eyaculación (s). El volumen del semen se midió directamente del tubo de recolección (mL). La concentración espermática se determinó con un fotómetro calibrado para ovinos (SDM 1, Minitube, México). Para evaluar la motilidad en masa, se colocó una gota de semen en un portaobjetos y se observó al microscopio (10X). Se evaluó en una escala de 0 a 5, donde 0= espermatozoides inmóviles y 5= espermatozoides con movimientos rápidos (David *et al.*, 2015).

El comportamiento sexual de los carneros se evaluó introduciendo a cada macho con una hembra en celo durante 15 min. Durante este tiempo se registraron las conductas que indican el Comportamiento Sexual Apetitivo tales como el flehmen, olfateo ano genital, aproximaciones, pataleos, vocalización y desenvaine del pene y las que indican el Comportamiento Sexual Consumatorio como los Intentos de monta y monta con eyaculación (Calderón-Leyva et al., 2018).

Análisis estadístico

Las variables de peso corporal, condición corporal, circunferencia escrotal y olor se analizaron mediante el PROC MIXED de SAS. El modelo incluyó al tratamiento, el efecto del tiempo y la interacción tratamiento x tiempo. Las variables del semen se analizaron con el PROC GLM de SAS. El comportamiento sexual se analizó mediante una prueba no paramétrica (Wilcoxon, SAS). Se consideró que había diferencia estadística significativa si $P \leq 0.05$.

RESULTADOS

Los resultados del peso corporal, condición corporal, olor y circunferencia escrotal se muestran en la Figura 4. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, semana o interacción entre tratamientos y semanas para el peso corporal, la condición corporal ni la circunferencia escrotal ($P > 0.05$). El olor mostro diferencias significativas entre tratamientos y semanas ($P < 0.0001$). Entre tratamiento el olor fue similar entre los carneros tratados con eCG o hCG ($P > 0.05$) pero fue significativamente mayor que en los machos del grupo control ($P < 0.05$). Debido a que no se observaron diferencias significativas en las variables seminales de las muestras recolectadas 30 o 60 días después del inicio de los tratamientos los valores fueron analizados en conjunto. El aumento del olor fue mayor a partir del día 14 del tratamiento ($P < 0.05$). Así mismo, los rechazos a la eyaculación, latencia a la eyaculación, volumen y motilidad en masa fueron similares entre tratamientos ($P > 0.05$; Cuadro 1). Por su parte, la concentración espermática tendió a ser mayor en los carneros tratados con eCG ($P = 0.078$) que en los machos tratados con hCG o los del grupo control.

En el Cuadro 2 se muestran los valores según los tratamientos de las conductas sexuales de los carneros expuestos ovejadas en estro. No se observaron diferencias significativas para la mayoría de las variables observadas entre tratamientos ($P > 0.05$). Sin embargo, el número de montas fue mayor en los

carneros tratados con hCG y eCG ($P < 0.05$) que en los machos del grupo control ($P > 0.05$).

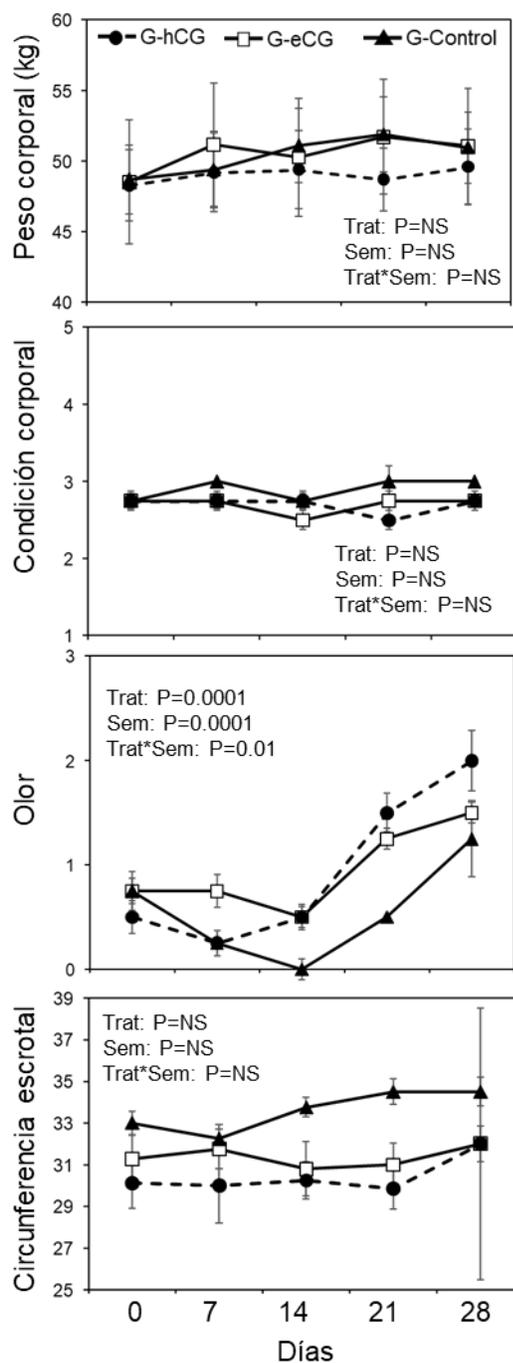


Figura 5. Medias (\pm Desvstd) del peso, condición corporal, olor y circunferencia escrotal de carneros Blackbelly tratados con hCG, eCG o control ($n=5$) durante la estación reproductiva. NS= No significativo

Cuadro 2. Calidad seminal de carneros Blackbelly tratados con 5 dosis de 100 UI de hCG, eCG o solución salina (G-Control) (n= 5) a intervalos de 7 días durante la estación reproductiva

	G-hCG	G-eCG	G-Control
Latencia (s)	65.7±7.15 ^a	62.7±17.4 ^a	66.4±14.2 ^a
Volumen eyaculado (mL)	0.9 ± 0.1 ^a	0.9 ± 0.07 ^a	1.1 ± 0.1 ^a
Concentración (spz/mL)	3772.4 ± 192 ^a	4257.7 ± 69 ^a	3910.3 ± 128 ^a
Motilidad en masa (0-5 pts)	2.9 ± 0.33 ^a	4.3 ± 0.22 ^a	3.5 ± 0.33 ^a

Letras diferentes entre columnas indican diferencia significativa (P<0.05)

Cuadro 3. Comportamiento sexual apetitivo y consumatorio de carneros Blackbelly tratados con 5 dosis de 100 UI de hCG, eCG o solución salina (G-Control) (n= 5) a intervalos de 7 días durante la estación reproductiva

	G-hCG	G-eCG	G-Control	Valor de P
Apetitivo				
Flehmen	1.0 ± 0.0 ^a	1.0 ± 0.0 ^a	1.7 ± 0.2 ^a	0.285
Olfateos anogenitales	12.8 ± 2.2 ^a	11.5 ± 1.0 ^a	11.6 ± 2.1 ^a	0.918
Aproximaciones	14.0 ± 2.9 ^a	9.5 ± 3.1 ^a	8.3 ± 1.3 ^a	0.202
Pataleo	4.4 ± 1.0 ^a	5.3 ± 1.4 ^a	5.0 ± 1.6 ^a	0.925
Vocalizaciones	3.0 ± 0.9 ^a	2.7 ± 0.6 ^a	2.2 ± 1.1 ^a	0.576
Desenvaine	4.7 ± 0.9 ^a	8.5 ± 4.8 ^a	3.7 ± 1.7 ^a	0.437
Consumatorio				
Intentos de monta	7.0 ± 1.9 ^a	2.7 ± 0.6 ^a	1.8 ± 0.4 ^a	0.882
Montas	9.4 ± 3.2 ^a	5.0 ± 0.0 ^{ab}	1.0 ± 0.0 ^b	0.018

Letras diferentes entre columnas indican diferencia significativa (P<0.05)

DISCUSIÓN

La eficiencia reproductiva en los rebaños depende en gran medida del desempeño sexual de los carneros y de su calidad espermática (Aké-Villanueva *et al.*, 2019). Lo anterior debido a que el aumento de la libido y las características seminales aumentan el número de crías por macho, el número de hembras que paren en una época determinada del año y las dosis de semen disponibles para la inseminación artificial (Fahey *et al.*, 2012). En carneros, se han evaluado diversas estrategias para aumentar el comportamiento sexual y la calidad

seminal durante y fuera de la estación reproductiva entre las que se encuentran la aplicación de gonadotropinas como hCG, eCG o GnRH, testosterona exógena, melatonina o glutamato (Calderón-Leyva *et al.*, 2018; Fahey *et al.*, 2012; Pool *et al.*, 2020; Do Espirito Santo *et al.*, 2019; Beracochea *et al.*, 2020).

En el presente estudio, la administración de gonadotropinas no mejoró la mayoría de las variables estudiadas en los carneros Black Belly. En los machos tratados con hCG o eCG tanto el peso, la condición corporal, así como la circunferencia escrotal fueron similares en los machos tratados con hCG o eCG a los machos del grupo control. Sin embargo, en los machos tratados con hCG y eCG se observó un aumento del olor 21 días después de la administración de las gonadotropinas (Figura 1C). Lo anterior es similar a lo reportado por Tejada *et al.* (2017) en carneros Dorper tratados con testosterona. En ovinos el estímulo olfatorio del macho desempeña un rol importante en la respuesta reproductiva de las hembras ya que de acuerdo con Gelez y Fabr-Nys. (2006) el olor del macho estimula la secreción de LH por la hembra, sirve como atrayente y también para inducir la excitación sexual y conductas de apareamiento. El olor de los machos es dependiente de la secreción de andrógenos (Chanvalon y Fabre-Nys, 2009). Si bien, en el presente estudio no se determinó la concentración de testosterona plasmática en los machos, es probable que el aumento del olor en los machos se debió a una mayor secreción de testosterona, estimulada por la acción de la hCG o eCG en los carneros estimulando el aumento del olor en los carneros (Bóveda *et al.*, 2017; Kardelen *et al.*, 2022).

Tanto la hCG como la eCG son hormonas glucoproteicas que tiene una estructura y funciones similares a la LH y FSH (Beracochea *et al.*, 2020; Bertelloni *et al.*, 2018). La hCG se une y funciona a través del mismo receptor que la LH sin embargo tiene una vida media más prolongada (Cole, 2010). En machos, la hCG se une a los receptores de LH en las células de Leydig estimulando la secreción de testosterona y la producción espermatozoides (Garnier, 1980). En cambio, la eCG tiene una función similar a la FSH y LH uniéndose a ambos receptores. En machos caprinos y ovinos, la administración de eCG ha sido utilizada para

aumentar la secreción de testosterona y mejorar las características seminales tanto fuera como dentro de la estación reproductiva (Ungerfeld et al., 2018). En el presente experimento, la administración de hCG o eCG no mejoró la producción de espermatozoides. Estos resultados son similares a los reportados por Beracochea *et al.* (2020) en carneros Highlander y Texel durante la estación no reproductiva tratados con tres dosis de 400 a 700 UI cada una, sin mejorar la calidad espermática (Beracochea *et al.*, 2020). En nuestro experimento la dosis tanto de hCG como de eCG han sido empleadas en hembras para inducir la ovulación (Abecia *et al.*, 2012), sin embargo, no fue suficiente para mejorar las características espermáticas de los carneros Black Belly. Además, en carneros la espermatogénesis dura 56 días aproximadamente por lo que los efectos entre el tratamiento y su efecto sobre la espermatogénesis puede ser variable (Courrot y Ortavant, 1981).

Con respecto al comportamiento sexual de los machos, los animales tratados con hCG tuvieron un mayor número de montas en la prueba de comportamiento que los machos del grupo control (Cuadro 2). Sin embargo, el resto de las conductas sexuales tanto apetitivas como consumatorias no difirió entre ninguno de los tratamientos. El comportamiento sexual de los carneros tanto el apetitivo como el consumatorio permiten a los machos identificar a las hembras en celo y aparearse con las hembras para fertilizar al ovulo, respectivamente (Uthlaut *et al.*, 2011; Calderón-Leyva *et al.*, 2018). Los machos que muestran un mayor número de conductas tienen una mayor capacidad reproductiva (Mozo *et al.*, 2019) y es un factor determinante para inducir el celo en las hembras anovulatorias (Perkins y Fitzgerald, 1994; Fabre-Nys *et al.*, 2015). La intensidad del comportamiento sexual parece ser dependiente de las concentraciones de testosterona (Fulkerson *et al.*, 1981; Tejada *et al.*, 2017) por lo que, el aumento significativo en el comportamiento sexual consumatorio en los carneros tratados con hCG pudo deberse a un mayor aumento de testosterona.

CONCLUSIÓN

Los machos tratados con gonadotropinas muestran un aumento en el olor y los machos tratados con hCG mostraron un mayor número de montas que los machos control. Sin embargo, las características seminales no mejoraron con la administración de hCG ni eCG. Es necesario realizar más estudio donde se evalúen dosis más altas o intervalos diferentes para mejorar las características seminales.

REFERENCIAS

- Abecia, J. A., Forcada, F., & González-Bulnes, A. (2012). Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal reproduction science*, 130(3-4), 173-179.
- Abril-Sánchez, S., Freitas-de-Melo, A., Giriboni, J., Santiago-Moreno, J., & Ungerfeld, R. (2019). Sperm collection by electroejaculation in small ruminants: A review on welfare problems and alternative techniques. *Animal reproduction science*, 205, 1-9.
- Aké-Villanueva, J. R., Aké-López, J. R., Magaña-Monforte, J. G., & Segura-Correa, J. C. (2019). Reproductive behavior in hair sheep rams under tropical conditions. *Tropical animal health and production*, 51(6), 1627-1635.
- Alexander, B. M., Cockett, N. E., Burton, D. J., Hadfield, T. L., & Moss, G. E. (2012). Reproductive performance of rams in three producer range flocks: Evidence of poor sexual behavior in the field. *Small Ruminant Research*, 107(2-3), 117-120.
- Almadani, MI, Weeks, P. y Deblitz, C. (2021). Presentamos los primeros índices mundiales de precios al productor para ganado vacuno y ovino. *Animales* ,11 (8), 2314. <https://doi.org/10.3390/ani11082314>.
- Alvarado-Espino, A. S., Menchaca, A., Meza-Herrera, C. A., Mellado, M., Arellano, F., & Véliz, F. (2019). Use of injectable progesterone and hCG for fixed-time artificial insemination during the non-breeding season in goats. *Theriogenology*, 127, 21-25.
- Ángeles, L. M. B., Hernández, G. T., & Rubio, M. R. (1993). Fertilidad, prolificidad y sobrevivencia de crías en un rebaño comercial de ovinos Suffolk. *Veterinaria México*, 24(3), 231-234.

- Beracochea, F., Manes, J., Viera, M. N., Santiago-Moreno, J., & Ungerfeld, R. (2020). Administration of equine Chorionic Gonadotrophin (eCG) to rams to improve the reproductive performance during the non-breeding season. *Livestock Science*, 240, 104125.
- Bertelloni, S., Russo, G., & Baroncelli, G. I. (2018). Human chorionic gonadotropin test: old uncertainties, new perspectives, and value in 46, XY disorders of sex development. *Sexual Development*, 12(1-3), 41-49.
- Bóveda, P., Martínez-Fresneda, L., Velázquez, R., & Santiago-Moreno, J. (2017). Human chorionic gonadotrophin treatment for sexual immaturity in a male ibex (*Capra pyrenaica*). *Open J Vet Med*, 2(2), 51-54.
- Brash, L. D., Fogarty, N. M., & Gilmour, A. R. (1994). Genetic parameters for Australian maternal and dual-purpose meatsheep breeds. II. Liveweight, wool and reproduction in Corriedale sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, 45(2), 469-480.
- Calderón Cabrera, J. (2020). Modelos de negocios en producción de ovinos para carne en el Estado de México.
- Calderón-Leyva, G., Meza-Herrera, C. A., Rodríguez-Martínez, R., Ángel-García, O., Rivas-Muñoz, R., Delgado-Bermejo, J. V., & Véliz-Deras, F. G. (2018). Influence of sexual behavior of Dorper rams treated with glutamate and/or testosterone on reproductive performance of anovulatory ewes. *Theriogenology*, 106, 79-86.
- Chacón J, L., Lozano M, H., Orozco C, J., & Ardila S, A. (2019). Characteristics of the puberty in hair ram lambs and its crosses in Colombia under low altitude conditions. *Revista MVZ Córdoba*, 24(1), 7097-7103.
- Chandrasekhar, Y., Holland, M. K., D'occhio, M. J., & Setchell, B. P. (1985). Spermatogenesis, seminal characteristics and reproductive hormone levels in mature rams with induced hypothyroidism and hyperthyroidism. *Journal of endocrinology*, 105(1), 39-46.

- Chanvalon, A., Fabre-Nys, C., 2009. In sexually naive anestrous ewes, male odour is unable to induce a complete activation of olfactory systems. *Behav. Brain Res.* 205, 272–279.
- Cole, L. A. (2010). Hyperglycosylated hCG, a review. *Placenta*, 31(8), 653-664.
- Courot M, Ortavant R., 1981. Endocrine control of spermatogenesis in the ram. *J Reprod Fertil Suppl.* 30, 47-60.
- David, I., Kohnke, P., Lagriffoul, G., Praud, O., Plouarboué, F., Degond, P., & Druart, X. (2015). Mass sperm motility is associated with fertility in sheep. *Animal reproduction science*, 161, 75-81.
- Evans, G., Maxwell, W. (1990). Inseminación artificial de ovejas y cabras. Zaragoza, España: Ed. Acibia Madrid MB y Bohada E. (1993): Características de un buen reproductor bovino. Centro de investigaciones Agropecuarias del estado Zulia Maracaibo, FONAIAP Divulga, Venezuela, N°44.
- Fabre-Nys, C., Kendrick, K. M., & Scaramuzzi, R. J. (2015). The “ram effect”: new insights into neural modulation of the gonadotropic axis by male odors and socio-sexual interactions. *Frontiers in neuroscience*, 9, 111.
- Fahey, A. G., Duffy, P., & Fair, S. (2012). Effect of exposing rams to a female stimulus before semen collection on ram libido and semen quality. *Journal of Animal Science*, 90(10), 3451-3456.
- FAOSTAT (2020). Recuperado 5 de abril de 2022, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Datos sobre alimentación y agricultura website: <https://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Fthenakis, G. C., A. Karagiannidis, et al. (2001). "Clinical and epidemiological findings during ram examination in 47 flocks in southern Greece." *Preventive Veterinary Medicine* 52(1): 43-52.

- Fulkerson, W. J., Adams, N., & Gherardi, P. (1981). Ability of castrate male sheep treated with oestrogen or testosterone to induce and detect oestrus in ewes. *Applied Animal Ethology*, 7(1), 57-66.
- Garnier, F., & Saez, J. M. (1980). Response of plasma testosterone to human chorionic gonadotropin stimulation in the ram. *Biology of Reproduction*, 22(4), 832-836.
- Gelez, H., & Fabre-Nys, C. (2006). Neural pathways involved in the endocrine response of anestrus ewes to the male or its odor. *Neuroscience*, 140(3), 791-800.
- Gomes do Espírito Santo, C., Alvarez Balaro, M. F., Dantas Rodrigues Santos, J., Francisco Leodido Correia, L., Vieira de Souza, C., Ryonosuke Taira, A., Campos Pereira da Costa, M. M., da Silva Carvalho, A. B., Ungerfeld, R., & Zandonadi Brandão, F. (2022). Semen quality, testosterone values, and testicular and accessory gland parameters in rams receiving sustained stimulation with low doses of buserelin. *Animal Production Science*, 62(2), 152–162
- Gouletsou, P. G., & Fthenakis, G. C. (2010). Clinical evaluation of reproductive ability of rams. *Small ruminant research*, 92(1-3), 45-51.
- Hahn, K., Failing, K., & Wehrend, A. (2019). Effect of temperature and time after collection on buck sperm quality. *BMC Veterinary Research*, 15(1), 1-7.
- Handelsman, D. J., Spaliviero, J. A., Simpson, J. M., Allan, C. M., & Singh, J. (1999). Spermatogenesis without gonadotropins: maintenance has a lower testosterone threshold than initiation. *Endocrinology*, 140(9), 3938-3946.
- Islam, M. M., Atta, M., Mahgoub, O., Kadim, I. T., Abdeen, R., Al-Malki, S. A., & Fadlalla, I. M. (2020). Effects of feeding date palm by-product-based diet on semen quality of Awassi rams under summer and winter seasons in Qatar. *Journal of Animal Physiology and Nutrition*, 1(2), 24-28.

- Kardelen AI, A. D., Karakılıç Özturhan, E., Asgarova, L., Öztürk, A. P., Yıldız, M., Poyrazoglu, S., Baş, F. & Darendeliler, F. (2022). Comparison of single dose and multi-dose hCG stimulation tests. *Journal of Istanbul Faculty of Medicine*, 85 (2), 223-227.
- KAUR, G., THOMPSON, L. and DUFOUR, J. (2014) Sertoli cells-Immunological sentinels of spermatogenesis. *Seminars In Cell & Developmental Biology* 30, 36-44
- Kilgour, R. J., Pisselet, C., Dubois, M. P., & Courrot, M. (1998). Ram lambs need FSH for normal testicular growth, Sertoli cell numbers and onset of spermatogenesis. *Reproduction Nutrition Development*, 38(5), 539-550.
- Mahmoud, G. B. (2013). Sexual behaviour, testosterone concentration, semen characteristics and testes size of Ossimi rams as affected by age and scrotal circumference. *Egyptian Journal of Animal Production*, 50(2), 53-58.
- 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.
- Maquivar, M. G., Smith, S. M., & Busboom, J. R. (2021). Reproductive Management of Rams and Ram Lambs during the Pre-Breeding Season in US Sheep Farms. *Animals*, 11(9), 2503.
- Martin, G. B., Blache, D., Miller, D. W., & Vercoe, P. E. (2010). Interactions between nutrition and reproduction in the management of the mature male ruminant. *animal*, 4(7), 1214-1226.
- Maurya, V. P., Sejian, V., Kumar, D., & Naqvi, S. M. K. (2010). Effect of induced body condition score differences on sexual behavior, scrotal measurements, semen attributes and endocrine responses in Malpura rams under hot semi-arid environment. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 94(6), e308-e317.

- McLachlan, R. I. (2000). The endocrine control of spermatogenesis. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 14(3), 345-362.
- Menchaca, A., & Rubianes, E. (2004). New treatments associated with timed artificial insemination in small ruminants. *Reproduction, Fertility and Development*, 16(4), 403-413.
- Morris, S. (2009). Economics of sheep production. entitled 7th International Sheep Veterinary Congress 2009, Institute of Veterinary, Animal and Biomedical Sciences, Private Bag 11 222, Massey University, Palmerston North 4442, New Zealand.
- Mozo, R., Alabart, J. L., Rivas, E., & Folch, J. (2019). New method to automatically evaluate the sexual activity of the ram based on accelerometer records. *Small Ruminant Research*, 172, 16-22.
- O. Ángel-García, C.A. Meza-Herrera, J.M. Guillen-Muñoz, E. Carrillo-Castellanos, J.R. Luna-Orozco, M. Mellado & F.G. Véliz-Deras (2014): Seminal characteristics, libido and serum testosterone concentrations in mixed breed goat bucks receiving testosterone during the non-breeding period, *Journal of Applied Animal Research*, DOI: 10.1080/09712119.2014.980420
- Oduwole, O. O., Peltoketo, H., & Huhtaniemi, I. T. (2018). Role of follicle-stimulating hormone in spermatogenesis. *Frontiers in endocrinology*, 763.
- Ott, R. S., & Memon, M. A. (1980). Breeding soundness examinations of rams and bucks, a review. *Theriogenology*, 13(2), 155-164.
- Pérez Hernández, Ponciano, & Chalate Molina, Héctor, & Vilaboa Arroniz, Julio, & Martínez, Bernardino Candelaria, & Díaz Rivera, Pablo, & López Ortiz, Silvia (2011). Análisis descriptivo de los sistemas de producción con ovinos en el estado de Veracruz, México. *Revista Científica*, XXI (4), 327-334. [fecha de Consulta 20 de Abril de 2022]. ISSN: 0798-2259. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95918727007>.

- Perkins, A., & Fitzgerald, J. A. (1994). The behavioral component of the ram effect: the influence of ram sexual behavior on the induction of estrus in anovulatory ewes. *Journal of Animal Science*, 72(1), 51-55.
- Pool, K. R., Rickard, J. P., Pini, T., & de Graaf, S. P. (2020). Exogenous melatonin advances the ram breeding season and increases testicular function. *Scientific reports*, 10(1), 1-11.
- Ridler, A. L., Smith, S. L., & West, D. M. (2012). Ram and buck management. *Animal reproduction science*, 130(3-4), 180-183.
- Russel, A. J. F. (1984). Means of assessing the adequacy of nutrition of pregnant ewes. *Livestock Production Science*, 11(4), 429-436.
- Santoyo-Cortés, V. H., & Martínez-González, E. G. (2021). Tendencias y modelos de negocio en la ovinocultura mexicana.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (2017). Recuperado 2 de abril de 2022, de La ovinocultura, una actividad muy arropadora website: <https://www.gob.mx/agricultura>
- Shore, L., Yehuda, R., Marcus, S., Bartoov, B. y Shemesh, M. (2003). Efecto de la inyección de hCG en las concentraciones de prostaglandina E en plasma seminal de carnero. *Prostaglandinas y otros mediadores de lípidos*, 70 (3-4), 291-301.
- Söderquist, L. & Hultén, F. (2006) Normal values for scrotal circumference in Gotlandic rams. *play Domestic. Animal.*, 41(1):61-2.
- Souza, L. W. D. O., Andrade, A. F. C., Celeghini, E. C. C., Negrão, J. A., & Arruda, R. P. D. (2011). Correlation between sperm characteristics and testosterone in bovine seminal plasma by direct radioimmunoassay. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(12), 2721-2724.
- Stellflug, J. N., Cockett, N. E., & Lewis, G. S. (2008). The influence of breeding intensity on above-and below-average sexual performance rams in single-

and multiple-sire breeding environments. *Animal reproduction science*, 104(2-4), 248-256.

Tavakoli, H. R., MOGHADDAM², G. H., & Olfati, A. (2018). The effects of hCG injection on long term cryopreservation of semen in Ghezel rams. *REVUE DE MEDECINE VETERINAIRE*, 169(4-6), 121-125.

Tejada, L. M., Meza-Herrera, C. A., Rivas-Muñoz, R., Rodríguez-Martínez, R., Carrillo, E., Mellado, M., & Véliz-Deras, F. G. (2017). Appetitive and consummatory sexual behaviors of rams treated with exogenous testosterone and exposed to anestrus Dorper ewes: Efficacy of the male effect. *Archives of sexual behavior*, 46(3), 835-842.

Ungerfeld, R., Clemente, N., & Orihuela, A. (2018). Treatments with eCG and courtship behaviour in rams during the breeding and the non-breeding seasons. *Animal Production Science*, 59(5), 865-869.

Uthlaut, V. A., Moss, G. E., Stobart, R. H., Larson, B. A., & Alexander, B. M. (2011). Sexual performance and production traits in white-faced yearling rams. *Small Ruminant Research*, 100(1), 63-66.

Walkden-Brown, S. W., Restall, B. J., Norton, B. W., Scaramuzzi, R. J., & Martin, G. B. (1994). Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian cashmere goats. *Reproduction*, 102(2), 351-360.