

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



APLICACIÓN DE GLUTAMATO EXÓGENO PARA INCREMENTAR EL
COMPORTAMIENTO SEXUAL Y LA CALIDAD SEMINAL
EN CARNEROS DORPER

Tesis

Que presenta LUIS ANTONIO LUNA GARCÍA

como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Torreón, Coahuila

Julio 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



APLICACIÓN DE GLUTAMATO EXÓGENO PARA INCREMENTAR EL
COMPORTAMIENTO SEXUAL Y LA CALIDAD SEMINAL
EN CARNEROS DORPER

Tesis

Que presenta LUIS ANTONIO LUNA GARCÍA

como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA


Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán
Director


Dra. Ma. Guadalupe Calderón Leyva
Director Externo

Torreón, Coahuila

Julio 2020

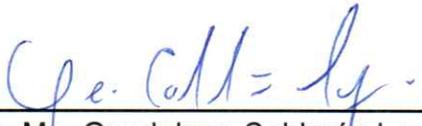
APLICACIÓN DE GLUTAMATO EXÓGENO PARA INCREMENTAR EL
COMPORTAMIENTO SEXUAL Y LA CALIDAD SEMINAL
EN CARNEROS DORPER

Tesis

Elaborada por LUIS ANTONIO LUNA GARCÍA como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria con la supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Dra. Leticia Román Gaytán Alemán
Asesor Principal



Dra. Ma. Guadalupe Calderón Leyva
Asesor



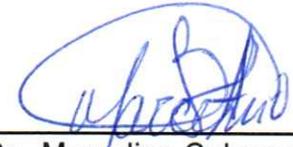
Dr. Cesar Alberto Meza Herrera
Asesor



Dr. Oscar Angel Garcia
Asesor



Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán
Jefa de Departamento de Postgrado



Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente
Subdirector de Postgrado

Torreón, Coahuila

Julio 2020

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme salud, sabiduría y fortaleza para cumplir una meta más

A la UAAAN UL y al Posgrado en Producción Agropecuaria por la oportunidad de realizar mis estudios de maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca obtenida que me fue de ayuda durante mi maestría.

A mis tutores Dra. Leticia Gaytan, Dra. Guadalupe Calderón, Dr. Oscar Ángel y Dr. Cesar Meza, por su apoyo y conocimiento.

Especialmente a la Dra. Guadalupe Calderón Leyva, por el apoyo y la confianza que me brindo en todo momento. Gracias por su paciencia, su tiempo y por permitirme engrandecer mi aprendizaje con su conocimiento.

A mis compañeros y amigos de posgrado, Rafael, José Luis, Jesús, Vanesa, Evaristo y Evelyn, por todo su apoyo y su amistad.

A mis padres Juan Ramón Luna Orozco y Rosa Delia García Montelongo, por su amor y todo el apoyo que siempre me dan. Gracias por ser mi ejemplo de siempre seguir adelante. Los amo!

A mi hermano Juan Luna, por el apoyo, cariño y por siempre estar presente en todas mi metas.

A mi esposa, Maria Fernanda Del Valle Díaz, por todo su amor, por sus consejos, y sobretodo por su apoyo incondicional. Gracias por estar conmigo en todo momento y hacer que todo sea mejor. Te amo!

A mi hijo, Luis Antonio Luna Del Valle, por ser el principal motivo para continuar y querer ser mejor día con día. Gracias por llegar a mi vida y enseñarme cada día a ser papá. Te amo!

DEDICATORIA

*A mi esposa María Fernanda
y a mi hijo Luis Antonio. Los amo!!!*

Índice General

Índice de cuadros	ii
Lista de figuras	iii
Resumen	iv
Abstract.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Neuroendocrinología reproductiva	3
2.2 Conducta sexual	5
2.3 Glutamato	8
2.4 Glutamato y Conducta sexual.....	9
2.5 Conducta sexual del carnero	11
2.6 Espermatogénesis.....	13
2.7 Glutamato y espermatogénesis.....	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1 Localización del área experimental y condiciones ambientales	17
3.2 Animales y su manejo.....	17
3.3 Tratamientos experimentales	17
3.4 Evaluación de Calidad seminal	18
3.5 Pruebas de conducta sexual.....	19
3.6 Análisis estadístico	19
4. RESULTADOS	20
5. DISCUSIÓN	23
6. CONCLUSIÓN.....	25
7. LITERATURA CITADA.....	26

índice de cuadros

Cuadro 1. Frecuencia de conductas realizadas durante la prueba de comportamiento.....	20
Cuadro 2. Valores de latencia de eyaculado y calidad seminal.....	21

Índice de figuras

Figura 1. Control neuroendocrino de la estacionalidad reproductiva de carneros.....	5
Figura 2. Principales conductas sexuales en carneros.....	12
Figura 3. Valores Promedio circunferencia escrotal, peso corporal, condición corporal e intensidad de olor	19

Lista de abreviaturas

- AAE. Aminoácidos excitadores
- AMPA. Ácido α -amino-3-hidroxi-5-metilo-4-isoxazolpropiónico
- APOM. Área preóptica medial
- ARC. Núcleo arqueado
- ATP. Adenosín trifosfato
- CC. Condición corporal
- CE. Circunferencia escrotal
- CSA. Conducta sexual apetitiva
- CSC. Conducta sexual consumatoria
- EM. Eminencia media
- ERO. Especies reactivas a oxígeno
- FSH. Hormon foliculo estimulante
- GnRH. Hormona liberadora de gonadotropinas
- IRS. Indicadores de reposo sexual
- LH. Hormona luteinizante
- NMDA. N-metil-D-aspartato
- NPV- Núcleo paraventricular
- NSO. Núcleo supraóptico
- NSQ. Núcleo supraquiasmático
- OL. Olor
- PV. Peso vivo
- RA. Receptor de andrógenos
- REa. Receptor de estrógenos alfa
- REb. Receptor de estrógenos beta
- SNC. Sistema nervioso central

RESUMEN

APLICACIÓN DE GLUTAMATO EXÓGENO PARA INCREMENTAR EL COMPORTAMIENTO SEXUAL Y LA CALIDAD SEMINAL EN CARNEROS DORPER

Por:

Luis Antonio Luna García
Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna
Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán y Dra. Ma. Guadalupe Calderón Leyva

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de dos diferentes dosis de glutamato sobre el comportamiento sexual y la calidad seminal de carneros Dorper. El experimento se realizó durante los meses de febrero-abril del 2018. Se utilizaron 15 carneros distribuidos aleatoriamente en 3 grupos experimentales (n= 5 cada uno) homogéneos en términos de peso vivo, condición corporal y comportamiento reproductivo. Los grupos fueron tratados con; 1) **A** (15mg kg⁻¹ PV de glutamato, cada 4d x 50d, iv), 2) **B** (7mg kg⁻¹ PV de glutamato, cada 4d x 50d, iv), 3) **C** (1mL de solución salina, cada 4d x 50d, iv). Se realizaron cinco extracciones de semen mediante vagina artificial, evaluando los diferentes parámetros de interés. Al término del tratamiento, los carneros fueron expuestos a hembras en estro, registrando su comportamiento sexual apetitivo (CSA) y comportamiento sexual consumatorio (CSC) en pruebas individuales de 30 min. Durante las pruebas de comportamiento sexual, los machos tratados con 7mg kg⁻¹ realizaron una mayor cantidad de conductas apetitivas en comparación con el grupo de 15 mg kg⁻¹ y el grupo C (155, 135 vs 103, respectivamente; p<0.02). Los resultados de este estudio demuestran que la administración intravenosa de glutamato a dosis de 7 y/o 15 mg kg, influye sobre el comportamiento sexual apetitivo de los carneros y la latencia de eyaculación.

Palabras clave: *Glutamato, Conducta sexual, Calidad seminal, Carneros Dorper*

ABSTRACT

EXOGENOUS GLUTAMATE APPLICATION TO INCREASE SEXUAL BEHAVIOR AND SEMINAL QUALITY IN DORPER RAMS

By:

Luis Antonio Luna Garcia

To obtain the degree of Maestro en Ciencias en Produccion Agropecuaria
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna

Thesis directors: Dr. Leticia Romana Gaytán Alemán and Dra. Ma. Guadalupe Calderón Leyva

The aim of the study was to evaluate the effect of two different doses of glutamate on sexual behavior and seminal quality of Dorper rams. The experiment was conducted during the months of February-April 2018. 15 rams were randomly distributed in 3 experimental groups (n= 5 each) in terms of living weight, body condition and reproductive behavior. The groups were treated with; 1) A (15mg kg⁻¹ glutamate PV, every 4d x 60d, iv), 2) B (7mg kg⁻¹ glutamate PV, every 4d x 60d, iv), 3) C (1mL of saline, every 4d x 60d, iv). Five semen extractions were realized using artificial vagina, evaluating the different parameters of interest. At the end of treatment, rams were exposed to estrus females, recording their appetitive sexual behavior (ASB), consummatory sexual behavior (CSB) in individual test of 30 min. During sexual behavior test, males treated with 7mg kg⁻¹ performed a higher number of appetitive behaviors compared to the 15 mg kg⁻¹ group and group C (155, 135 vs 103, respectively; p<0.02). The results of this study show that intravenous administration of glutamate at doses of 7 and/or 15 mg kg, influences the appetitive sexual behavior of rams and the ejaculation latency.

Key words: Glutamate, sexual behavior, seminal quality, Dorper ram

1. INTRODUCCIÓN

Animales estacionales como ovejas y cabras, sus partos son en épocas específicas del año. Su temporada de anestro, abarca primavera y verano, donde en el macho disminuye su actividad sexual. Estas variaciones estacionales impactan en la disponibilidad de productos en el mercado y en los ingresos que son desiguales para los productores, por lo tanto para investigadores y productores es fundamental desarrollar métodos que produzcan un aumento significativo en la producción (Dardente *et al.*, 2016).

El rendimiento reproductivo es uno de los principales factores que determinan la eficiencia de la producción de rebaños de ovejas (Talafta *et al.*, 2011) y el comportamiento sexual es un factor clave en el éxito de la reproducción, de la cual depende la supervivencia de las especies. Los machos y las hembras adoptan diferentes comportamientos y posturas durante la atracción y el apareamiento (Mhaouty-Kodja *et al.*, 2018), por lo que sigue el interés por investigar los métodos para incrementar la actividad sexual de los carneros, buscando métodos que sean ecológicos, rentables, sostenibles y éticamente aceptables, evitando el uso de hormonas, por sus implicaciones en la salud (Dardente *et al.*, 2016).

Después del descubrimiento de los efectos excitatorios del glutamato sobre el SNC en las últimas décadas ha incrementado el interés por conocer la función de este neurotransmisor excitatorio como molécula clave en la expresión del comportamiento sexual y en la regulación del eje reproductivo (Dominguez *et al.*, 2006; Domínguez, 2009; Meza-Herrera, 2012; Will *et al.*, 2014), mediante la activación de sus receptores localizados en una gran variedad de núcleos hipotalámicos, algunos de los cuales son clave para las funciones reproductivas y neuroendocrinas (Brann *et al.*, 1997).

Además, del rol decisivo que juega glutamato en el inicio de la pubertad, neurogénesis y conducta reproductiva (Meza-Herrera *et al.*, 2011), se ha observado que al momento del apareamiento aumentan las concentraciones de

glutamato en el área preóptica medial (APOM) y en respuesta se facilita la expresión del comportamiento sexual desempeñando un papel clave tanto en conductas apetitivas como consumatorias (Domínguez, 2009).

Asimismo, se ha reportado la abundancia de receptores glutamatérgicos en los testículos y el epidídimo, así como también en el semen de muchas especies de mamíferos (Jubaidi *et al.*, 2019). Al respecto se ha sugerido que el glutamato en el semen es útil como sustrato oxidable para el metabolismo aerobio, mejorando la supervivencia del espermatozoide (Pruneda, 2007). Además se ha observado que tiene un papel importante en la producción de ATP, sirviendo como una fuente de energía para la motilidad del espermatozoide (Susetyarini, 2015). Estudios realizados por Silvastana *et al.* (2006) reportan que una disminución de los niveles de ácido glutámico en el espermatozoide, resultará en una reducción de la motilidad espermática (Susetyarini, 2015). Por tales evidencias nos planteamos la hipótesis de que a mayor cantidad de glutamato exógeno, mayor incremento del comportamiento sexual y mejor calidad seminal. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar si a mayor administración de glutamato exógeno, mayor incremento del comportamiento sexual y mejor calidad seminal en carneros Dorper.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Neuroendocrinología reproductiva

La mayoría de las especies de pequeños rumiantes son reproductores estacionales, lo que implica que existen cambios en su fisiología reproductiva que determinan la existencia de una estación reproductiva, en la que las hembras ciclan y ovulan, y los machos presentan su máxima actividad reproductiva; Además existe un periodo de anestro, en la que las hembras no presentan ciclos estrales y los machos disminuyen su nivel de actividad reproductiva (Ungerfeld, 2015). Esta temporada de anestro, abarca primavera y verano (Dardente *et al.*, 2016).

El patrón estacional de cada especie, se vincula con la latitud y las condiciones del lugar en las que se haya desarrollado, ya que en torno a la línea del ecuador o latitudes bajas, la variación estacional en las condiciones ambientales es menos que en latitudes más altas (Ungerfeld, 2015). Entonces el origen de la raza determina el comportamiento reproductivo estacional, por lo tanto, las raza originarias de las latitudes altas (>35°) presentan una marcada estacionalidad reproductiva (Arroyo, 2011).

En los machos de zonas templadas, el fotoperiodo es el principal factor responsable de generar actividad o reposo de las funciones reproductivas (Calderón-Leyva *et al.*, 2017). En el caso de carneros y machos cabríos existen variaciones anuales en la concentración de LH (Hormona luteinizante), FSH (Hormona folículo estimulante) y testosterona (Chemineau y Delgadillo, 1993). Se ha observado una relación lineal entre el tamaño testicular y los niveles de FSH; en algunos animales de reproducción estacional, los testículos puede disminuir su tamaño entre un 10 y un 95% en respuesta a los factores ambientales asociados a su estación no reproductiva (Bustos-Obregón y Torres-Díaz, 2012). Asimismo estas variaciones impactan en la producción de esperma, la capacidad de apareamiento, fertilidad y comportamiento sexual (Ungerfeld, 2012), además de que se ha observado una correlación positiva entre el número de

espermatogonias en renovación y los valores medios de LH en la sangre periférica del macho (Bustos-Obregón y Torres-Díaz, 2012).

En reproductores no estacionales, la información que fluye desde los somas de las neuronas GnRH (Hormona liberadora de gonadotropinas) en el hipotálamo anterior regula la secreción de gonadotropinas por la hipófisis anterior, sin la intervención de otros elementos. Una ruta un poco diferente se expresa en mamíferos de reproducción estacional, donde la glándula pineal actúa como el principal transductor neuroendocrino (Bustos-Obregón y Torres-Díaz, 2012).

Los cambios en el patrón de secreción de melatonina por parte de la glándula pineal, se ven modificados por la diferencia en el número de horas luz/oscuridad a través del año (Veliz *et al.*, 2009). Hoy se sabe que muchos reproductores de días cortos como ovejas y ciervos, son sexualmente más activos y capaces de reproducirse durante los días más cortos del año, cuando los niveles de melatonina son máximos en términos de su secreción nocturna (Coelho *et al.*, 2006; Chemineau *et al.*, 2008). En estas especies entonces, podemos decir que la melatonina actúa como factor que regula positivamente la secreción de gonadotropinas (Bustos-Obregón y Torres-Díaz, 2012).

La melatonina estimula las células nerviosas del hipotálamo encargadas de liberar GnRH, la cuál es la base para la síntesis de gonadotropinas (LH y FSH) en la hipófisis (Meza-Herrera, 2008). A través de la acción de las gonadotropinas (específicamente LH) estimula las células de Leydig testiculares para producir testosterona (O'Donnel *et al.*, 2017), hormona esencial para el desarrollo y mantenimiento de la conducta sexual y libido (Domínguez y Will, 2006). Por lo tanto la disminución de la actividad sexual durante primavera-verano en carneros es un resultado directo de la disminución de la secreción de testosterona (Dickson y Sanford, 2005).

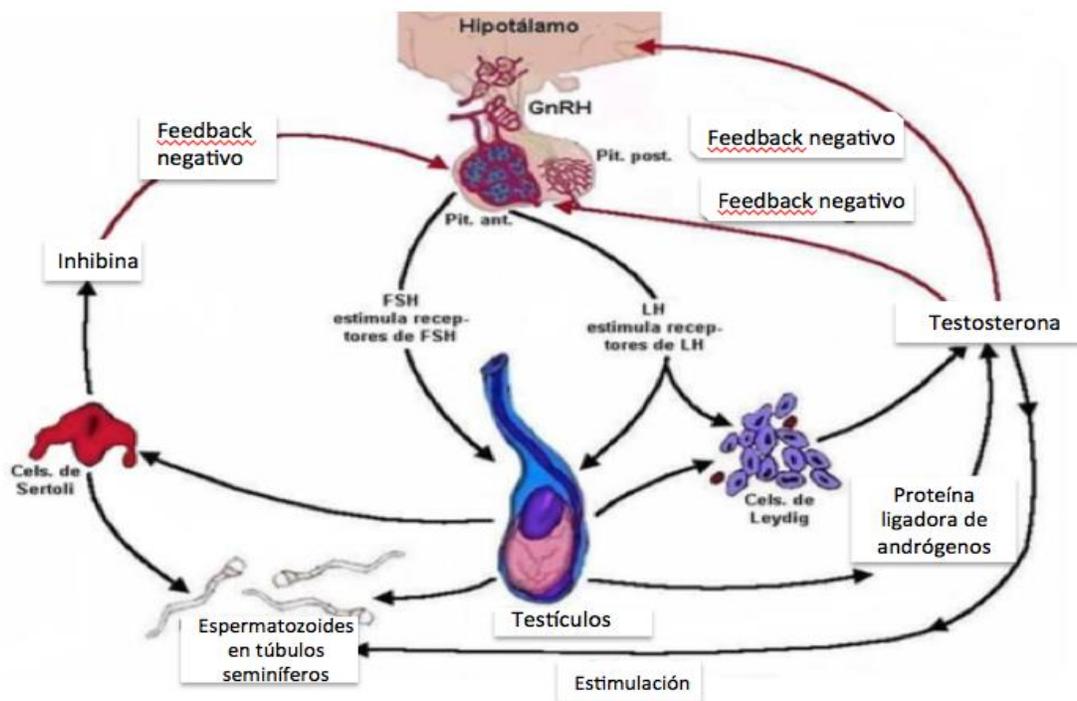


Figura 1. Esquema del control neuroendocrino de la estacionalidad reproductiva de carneros (adaptado de Senger, 2004).

2.2 Conducta sexual

La supervivencia de una especie depende en última instancia de la reproducción y uno de los elementos clave en la ésta es el comportamiento sexual (Ishii y Touhara, 2019).

En muchas especies, la conducta sexual es una serie de eventos específicos, que inician con una fase de atracción entre los individuos, a menudo llamada fase apetitiva o motivacional (CSA) y una fase copulatoria o consumatoria (CSC), que termina en la propia cópula y una fase post-eyaculatoria (Senger, 2004; Borja y Fabre-Nys, 2012).

El comportamiento sexual implica un patrón de respuestas genitales y somatomotoras que son controladas por procesos feromonales, neuronales y hormonales finamente ajustados, que comienzan durante el desarrollo sexual del individuo (Hull y Dominguez, 2007; Mhaouty-Kodja *et al.*, 2018).

Se ha demostrado que la testosterona, en combinación con los estrógenos, juega un papel clave en la regulación de conductas, tanto sociales, sexuales y agresivas (Trainor *et al.*, 2006).

La testosterona secretada por las células de Leydig del testículo y su metabolito neural estradiol, regulan las vías de señalización de los neurotransmisores y neuropéptidos que juegan un papel importante en las manifestaciones de comportamiento sexual, tales como la oxitocina, la dopamina y el glutamato (Hull y Dominguez, 2007; Mhaouty-Kodja *et al.*, 2018).

En carneros, los estrógenos (producto de la aromatización de la testosterona) son los responsables del mantenimiento de la conducta sexual; se ha comprobado que la aromatasa está en grandes cantidades en regiones cerebrales importantes para el control de la conducta sexual del macho (Roselli *et al.*, 2000; Perkins y Roselli, 2007).

Las hormonas androgénicas, requieren cierto nivel para el desarrollo y expresión normal de la conducta sexual del macho y contrariamente a lo que se pudiera esperar, concentraciones mayores a este nivel, no incrementan la libido (Perkins y Roselli, 2007).

La conducta sexual es desplegada en un tiempo fisiológico apropiado para que ocurra la fertilización (Borjas y Fabre-Nys, 2012). En los machos adultos, la testosterona gonadal actúa en estructuras cerebrales claves sobre los circuitos neuronales masculinos para estimular el comportamiento sexual (Mhaouty-Kodja *et al.*, 2018). Esta hormona actúa a través de receptores de andrógenos (RA) y receptores de estrógenos (REa, REb) (Sano *et al.*, 2013).

En todas las especies, el área preóptica medial (APOM), es una estructura clave involucrada en la conducta sexual del macho (Hull, 2006). El APOM es posiblemente el sitio más crítico para orquestar el comportamiento sexual masculino (Hull y Dominguez, 2007). Esta área es un centro integrativo

donde se reciben señales sensoriales y al mismo tiempo envía proyecciones hacia estructuras críticas para el inicio de la conducta sexual (Dominguez *et al.*, 2006). Además envía información a núcleos hipotalámicos del mesencéfalo y del tronco encefálico que regulan los patrones autónomos, somatomotores y los estados motivacionales (Simerly y Swanson, 1988).

La actividad neuronal en APOM se eleva con la actividad sexual (Dominguez *et al.*, 2006). En investigaciones realizadas con monos macacos, se ha demostrado un incremento en la actividad neuronal al ser éstos expuestos a hembras y durante la cópula, mientras que dicha actividad disminuye con la eyaculación (Oomura *et al.*, 1988).

Se tiene evidencia que lesiones en el APOM, inhiben la conducta sexual, y al ser estimulada, facilita la cópula en todas las especies de mamíferos, por mencionar algunas: ratas, monos, cabras, perros, gatos, ratones, cobayas, hámsters, hurones y jerbos (Hull y Dominguez, 2003). Además, este efecto también se ha observado en otras especies estudiadas, que incluyen serpientes, pájaros, lagartos y peces (Dominguez, 2009).

Con el apareamiento aumenta la activación de la proteína fluorescente c-Fos en el APOM de los machos (Hull *et al.*, 2002). Estudios realizados demostraron, que durante la monta y las intromisiones hay un aumento en la activación de c-Fos en comparación con los que no lo hicieron, a su vez los machos que eyacularon mostraron más activación de c-Fos que los machos que solo montaron y realizaron intromisiones (Coolen *et al.*, 1996).

Everitt (1990), reportó que el APOM es importante solo para la copulación, más no para la motivación sexual. Sin embargo, en años posteriores, trabajos realizados en ratas machos demostraron que lesiones en el APOM dificultan también la motivación sexual, incluyendo la preferencia por una pareja hembra (Paredes *et al.*, 1998). Estudios han reportado que el comportamiento puede ser dividido en el APOM, el área anterior implica la activación de la conducta sexual apetitiva y el área posterior para la conducta sexual consumatoria (Balthazart y Ball, 2006; Fusani, 2014).

Trabajos realizados en los que se implantó testosterona directamente en el APOM, restauran la conducta copulatoria previamente suprimida por la castración (Carlson, 2007), por lo que se puede decir que la conducta sexual es altamente dependiente de las hormonas gonadales, las cuales, principalmente -pero no exclusivamente- tienen efectos lentos, mediados genómicamente; sin embargo, la cópula requiere de rápidas interacciones somatomotoras entre dos individuos activos (Hull *et al.*, 2006).

Conjuntamente con la información hormonal, el APOM recibe información sensorial del órgano vomeronasal y genitales a través de la amígdala, induciendo reflejos genitales y patrones copulatorios (Carlson, 2007).

La excitación sexual del macho involucra una cascada de eventos neuroendocrinos que resultan en la erección del pene, monta de una hembra receptiva, intromisión y eyaculación. El propósito de la conducta sexual es promover la oportunidad de copular y con esto incrementar la probabilidad de que el espermatozoide fecunde al óvulo (Senger, 2004).

2.3 Glutamato

La comunicación existente entre los sistemas neural y endocrino involucra el reconocer el rol que sobre la función cerebral ejercen los neurotransmisores glutamato y aspartato, también denominados aminoácidos excitadores (AAE) (Mahesh y Brann, 2005).

El glutamato es el principal neurotransmisor excitador rápido del sistema nervioso central (SNC), de modo que dicho aminoácido media la mayoría de las transmisiones sinápticas excitatorias del cerebro y se encuentra involucrado en procesos biológicos diversos como la proliferación celular, apoptosis, la supervivencia celular, la proliferación de células nerviosas, entre otros (Brann *et al.*, 1997).

De todos los aminoácidos usados por las células cerebrales, ninguno es más prevalente en el tejido cerebral y más controversial que el ácido

glutámico (Tafeski y Lamperti, 1977). Se ha visto que dos tercios de las neuronas de la corteza cerebral son glutamatérgicas (Medina y Escobar, 2002). Además, la actividad de muchas neuronas es altamente regulada por señales glutamatérgicas (Iremonger *et al.*, 2010).

Los AAE han sido localizados en una gran variedad de núcleos hipotalámicos que controlan la función reproductiva y neuroendocrina, y se ha sugerido que pueden ejercer un rol preponderante en el control de procesos reproductivos (Meza-Herrera, 2007).

Existen más de 23 proteínas receptoras que forman dos clases principales de receptores para aminoácidos excitatorios: receptores ionotrópicos y metabotrópicos (Mahesh y Brann, 2005).

Los receptores ionotrópicos, incluyen en su estructura un canal por donde fluyen iones como calcio, sodio y potasio. Los metabotrópicos no forman canales, pero están asociados al sistema de proteínas G y su activación promueve o inhibe el desencadenamiento de segundos mensajeros (Medina y Escobar, 2002).

Las acciones ionotrópicas desencadenan fenómenos eléctricos de activación rápida, mientras que las metabotrópicas son prolongadas (Medina y Escobar, 2002).

La familia de los receptores ionotrópicos, comprometen los receptores NMDA (N-methyl-D-aspartato), AMPA (DL-alfa-amino- 3-hydroxy-5-methyl-4-isoxazole propionic acid) y kainato, los cuales difieren en la composición de sus subunidades y permeabilidad de cationes (Cull-Candy *et al.*, 2001).

2.4 Glutamato y el comportamiento sexual

Es poco probable que las hormonas por sí solas sean responsables de la activación del APOM durante el apareamiento, ya que se ha observado que la estimulación intracraneal, sin manipulaciones hormonales, induce la

actividad sexual. Por lo tanto es probable que las hormonas faciliten el comportamiento sexual al mediar las respuestas de los neurotransmisores de acción rápida como el glutamato (Dominguez, 2009).

El glutamato es el principal neurotransmisor en el sistema nervioso central, y participa en la expresión de la conducta sexual por su acción en las neuronas GnRH que son responsables de iniciar la cascada hormonal que conduce a la síntesis hormonal por los testículos (Hull y Domínguez, 2006; Will *et al.*, 2014). Asimismo, se ha visto que la administración de glutamato promueve la activación de receptores de andrógenos, y esto a su vez, estimular la conducta copulatoria (Will *et al.*, 2014). Existe una interacción glutamato-hormona, en el sentido de que algunas hormonas regulan la actividad del glutamato y a su vez el glutamato regula la función endocrina al estimular el comportamiento sexual (Domínguez, 2009).

El glutamato y sus receptores son localizados en una variedad de núcleos, algunos de los cuales son críticos para funciones tanto reproductivas como neuroendocrinas (Iremorger *et al.*, 2010; Meza-Herrera, 2012). Estudios realizados en ratas y monos, han revelado una gran cantidad de receptores para glutamato en; el núcleo paraventricular (NPV), núcleo supraquiasmático (NSQ), núcleo supraóptico (NSO), núcleo arqueado (ARC), eminencia media (EM) y tallo infundibular (Mahesh y Brann, 2005).

El APOM ha sido implicada como sitio de acción principal del receptor NMDA (Mahesh y Brann, 2005). El receptor NMDA es particularmente vital para las funciones cerebrales y tiene un papel muy importante en la transmisión sináptica del glutamato (Forrest *et al.*, 1994), además de tener un papel en el despliegue de la conducta sexual (Dominguez, 2006; 2009). Esto se demostró al administrar un antagonista del receptor NMDA, teniendo como respuesta una disminución en la cópula (Powwel *et al.*, 2003).

Se ha observado en roedores que el glutamato facilita la conducta sexual, así como erecciones y vocalizaciones ultrasónicas que ocurren durante el apareamiento, facilitando el contacto socio-sexual y las conductas de

copulación (Brudzynski y Pniak, 2002). Además, el glutamato influye indirectamente en la expresión de la conducta sexual a nivel cerebral, específicamente en el APOM, modulando la conducta sexual a través de otros neurotransmisores, por ejemplo la dopamina; de hecho la testosterona es requerida para mantener los niveles basales de dopamina incrementando la habilidad copulatoria (Dominguez y Hull, 2005; Will *et al.*, 2014). Además, se ha observado que el glutamato ayuda a la liberación de dopamina en el APOM, por acción del óxido nítrico (Dominguez *et al.*, 2005),

2.5 Conducta sexual del carnero

En general, los mamíferos son clasificados como copuladores cortos o copuladores sostenidos, de acuerdo a la duración de la cópula. El carnero, el toro, el macho cabrío y el gato, se incluyen en el grupo de copuladores cortos, mientras que el cerdo, el perro y los camellos son copuladores sostenidos (Senger, 2004). A diferencia de bovinos y caprinos, los carneros no se estimulan sexualmente al presenciar la cópula de otros ovinos (Price *et al.*, 1991; Sárlos *et al.*, 2013).

Los carneros utilizan señales olfatorias, para detectar hembras en estro (Lindsay, 1965). Sí una hembra se encuentra receptiva en el mismo corral, el macho se aproximará a ella en pocos segundos (Perkins y Roselli, 2007).

Los carneros, pueden discriminar la orina de una hembra en celo de otra que no lo está, además de identificar a otras hembras a través de mensajes visuales o auditivos (Roselli *et al.*, 2002), por lo que carneros en condiciones intensivas, utilizan exclusivamente la inmovilidad de la hembra para iniciar la monta (Orihuela, 2014).

El comportamiento sexual inicia desde que el macho se acerca a la hembra, y culmina con la eyaculación (Odagiri *et al.*, 1995). Las conductas estereotipadas que el carnero despliega antes de realizar la monta son: seguimiento de la hembra, olfateos de la región ano-genital, descanso de la barbilla, pataleo repetido de los flancos de la hembra, topeteo, contacto

nasal, restregarse en el flanco de la hembra, flehmen y vocalizaciones; la suma de todas estas conductas es frecuentemente llamada “conductas de cortejo” (Perkins y Rosseli, 2007; Odagiri *et al.*, 1995).

Los carneros pueden ser clasificados “con gran líbido”, al realizar 5-6 eyaculaciones en una prueba de 30 minutos, mientras que carneros “con bajo líbido” eyaculan menos de 4 veces (Price, 1987).

La conducta copulatoria de los carneros se acompaña de una serie de movimientos pélvicos poco profundos (Perkins y Rosseli, 2007). Durante la cópula, como respuesta a las intromisiones que realiza el carnero, se produce una contracción pélvica vigorosa, sucesivamente se produce un movimiento de propulsión de las patas traseras, ocurriendo inminentemente la eyaculación; simultáneamente la cabeza realiza un movimiento hacia atrás (Perkins y Roselli, 2007; Orihuela, 2014).

Frecuentemente, los carneros realizan varias montas antes de realizar la penetración vaginal y la eyaculación, la experiencia sexual hace que los machos sean capaces de eyacular durante la primer monta (Orihuela, 2014).

Trabajos realizados con glutamato en carneros Dorper, demostraron que tratamientos frecuentes con glutamato + testosterona incrementan las frecuencias de conductas sexuales, tanto apetitivas como consumatorias, en comparación con el grupo control, esto sugiere una acción sinérgica del glutamato + testosterona y no necesariamente la acción individual del glutamato o testosterona (Calderón-Leyva *et al.*, 2019).

En otros trabajos en los que se utilizó testosterona exógena en carneros Dorper, se observó un aumento tanto de la conducta sexual apetitiva (CSA), como de la conducta sexual consumatoria (CSC) (Tejada *et al.*, 2017).

Principales conductas relacionadas con la conducta sexual apetitiva (CSA), conducta sexual consumatoria (CSC) e indicadores de reposo sexual (ISR) de carneros	
Conductas	Descripción
Conducta Sexual Apetitiva (CSA)	
Flehmen	Elevación de la cabeza y labio superior, en respuesta al sabor y olor de la orina u olores ambientales
Olfateo ano-genital	Olfateos de la región ano-genital de la hembra
Aproximaciones	Frota, lame y mordisquea con los costados de la ovejas con intensidad
Pataleos	Los carneros se paran detrás de la oveja en un pequeño ángulo y patean su flanco con una de las patas delanteras
Vocalizaciones	Emisión de sonidos regularmente durante las aproximaciones o el pataleo a la hembra
Desenvaine	Extrusión parcial del pene
Conducta Sexual Consumatoria (CSC)	
Intento de monta	Detrás de la ovejas realiza movimientos con el intento de copular, mantiene ambas patas delanteras en el aire pero no se coloca sobre la hembra
Monta	Intrusión del pene en la vagina de la oveja con una o más intromisiones y por lo tanto puede ocurrir la eyaculación caracterizada por la elevación hacia atrás de la cabeza

Figura 1. Principales conductas sexuales en carneros (Adaptado de Calderón-Leyva *et al.*, 2018).

2.6 ESPERMATOGÉNESIS

Una de las funciones principales de los testículos es la producción de andrógenos -principalmente testosterona- fundamentales para el desarrollo y mantenimiento de muchas funciones fisiológicas, incluidas la función normal del testículo, además de generar los gametos haploides masculinos necesarios para la fertilidad del macho, a través del proceso de la espermatogénesis (O'Donnell *et al.*, 2017; Roberts y Chauvin, 2019).

La espermatogénesis es un proceso complejo durante el cual las células madres (espermatogonias) entran en una vía de diferenciación y dan origen a los espermatozoides (Jan *et al.*, 2012). Este proceso ocurre en los túbulos seminíferos del testículo, donde las células germinales proliferan y se encuentran bajo meiosis constante, posteriormente se trasladan hacia el centro del tubúlo al tiempo que van adquiriendo la forma característica de espermatozoide (Folch, 2000; Robert y Chauvin, 2019). Este movimiento de los espermatozoides es facilitado por las células mioides peritubulares que se encuentran rodeando los túbulos seminíferos (Jan *et al.*, 2012).

El desarrollo de un espermatozoide desde el estado de célula germinal hasta que alcanza el centro del túbulo seminífero dura 31 días. Tarda aproximadamente de 3 a 4 días en llegar al epidídimo y otros 14 días en llegar hasta la cola del mismo; en total el tiempo que tarda un espermatozoide en estar listo para fecundar son 49 días, en consecuencia, los tratamientos que reciban los carneros para mejorar la producción de espermatozoides, deben empezar de 7 a 8 semanas antes de iniciar la cubrición (Folch, 2000).

El proceso de espermatogénesis es regulado a través de hormonas, producidas por el hipotálamo y la hipófisis, así como algunos otros productos dentro del testículo (O'Donnell *et al.*, 2017). En el hipotálamo, la secreción de GnRH estimula la producción de la LH y FSH por la hipófisis. La LH es transportada vía sanguínea hacia los testículos, donde estimula a las células de Leydig para producir testosterona (O'Donnell *et al.*, 2017). La testosterona producida puede actuar como andrógeno al interactuar con los receptores de andrógenos o puede ser aromatizada para producir estrógenos. Las células de Sertoli, localizadas en los túbulos seminíferos, son células esenciales para la creación de un microambiente que habilita la generación sostenida de espermatozoides a través de la vida del macho (Jan *et al.*, 2012).

En el carnero, el tamaño de los testículos se relaciona con las concentraciones de FSH, LH y testosterona en la sangre, donde se ha observado una relación lineal entre el tamaño testicular y los niveles de FSH; también se ha observado una correlación positiva entre el número de espermatogonias en renovación y los valores medios de LH en la sangre periférica en el adulto (Courot & Ortavant, 1981; citado en: Bustos-Obregón-Torres-Díaz, 2012).

La producción espermática está en relación directa al volumen testicular. El morueco produce diariamente unos 20 millones de espermatozoides por gramo de testículo; un morueco en buenas condiciones puede tener 100,000

millones de espermatozoides en el epidídimo, de los cuales el 75% están en la cola (Folch, 2000).

2.7 GLUTAMATO Y ESPERMATOGÉNESIS

El glutamato, sus receptores y transportadores, son abundantes en espermatozoides y órganos reproductivos incluyendo testículos, epidídimo, próstata y vesícula seminal de ratón, rata y humano (Takarada *et al.*, 2004; Iamsaard *et al.*, 2014). Además es el principal aminoácido libre en los testículos, epidídimo y semen de muchas especies de mamíferos. En el semen, el glutamato es principalmente encontrado en el espermatozoide. Ciertos aminoácidos libres (como el glutamato) sirven como sustratos oxidables para el metabolismo aerobio del espermatozoide, mejorando la supervivencia del mismo (Pruneda, 2007).

Los espermatozoides son altamente vulnerables al daño oxidativo por aumento del contenido de ácidos grasos poliinsaturados y baja protección de los antioxidantes y ataque de ERO (especies reactivas a oxígeno) (Agarwal *et al.*, 2014).

El ácido glutámico ayuda a mantener la calidad espermática, especialmente protegiendo su membrana plasmática de cualquier daño; esta función representa un mecanismo antioxidante para proteger las células de radicales libres (Susetyarini, 2015). El análisis del movimiento del espermatozoide ha demostrado que el glutamato en el plasma seminal promueve la motilidad, esta acción está mediada a través de los receptores de glutamato, incluidos los receptores de N-metil-D-aspartato (Lee, 2011).

Se ha observado que el glutamato está involucrado en el metabolismo del espermatozoide ayudando a la producción de ATP, y así, sirviendo como una fuente de energía para la motilidad del espermatozoide (Chodidjah *et al.*, 2009; citado en: Susetyarini, 2015). Se ha visto que la disminución de los niveles de ácido glutámico en el espermatozoide, resulta en una reducción de la motilidad (Sivastana *et al.*, 2006; citado en: Susetyarini, 2015).

Trabajos realizados en carneros han demostrado una mejora en la concentración espermática utilizando una dosis de 7mg kg^{-1} (Calderón-Leyva *et al.*, 2017).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área experimental y condiciones ambientales

El estudio se realizó del mes de febrero a abril, en una unidad de producción intensiva de borregos en el Ejido Granada perteneciente al municipio de Matamoros Coahuila, México, localizada entre las coordenadas geográficas 25° 64' LN y 103° 26' LO, a una altitud de 1120 msnm, con una precipitación media anual de 258 mm y clima del tipo cálido seco.

3.2 Animales y su manejo

Se utilizaron 15 carneros Dorper de entre 1.5 a 2.5 años, con un peso promedio de $68.89 \pm eem$ kg y una condición corporal promedio de $2.82 \pm eem$, se les ofreció una dieta base de ensilaje de maíz, agua y sombra a libre acceso. Los carneros fueron sometidos a un periodo de adaptación por 15 días, en el que se habituaron al manejo que recibirían durante el desarrollo del protocolo experimental.

Previo al inicio de los tratamientos los carneros fueron identificados de manera individual y se registró su peso vivo (PV), condición corporal (CC), circunferencia escrotal (CE), y olor (OL). A lo largo del periodo experimental las variables mencionadas anteriormente (PV, CC, CE y OL) fueron registradas cada 10 días durante 50 días. La CC fue evaluada mediante palpación dorsal (Russel, 1984) utilizando una escala de 1 (muy flaco) a 5 (muy gordo). Para la CE se utilizó un escrotímetro midiendo la parte ancha de los testículos (Braunn, 1980), el OL se registró oliendo la parte frontal del craneo a una distancia de 10 cm como se describe en Calderón-Leyva *et al.* (2018) en una escala del 0 (olor igual que la hembra) a 3 (olor fuerte como a lanolina).

3.3 Tratamientos experimentales

Los carneros fueron distribuidos aleatoriamente en tres grupos homogéneos (n= 5 cada uno) en términos de PV, CC y comportamiento reproductivo. Los grupos fueron asignados al azar a uno de los siguientes tratamientos: **1)** 15mg kg⁻¹ de L-glutamato, iv (**A**; PV= 68.5 ± 2.9 , CC= 2.9 ± 0.1), **2)** 7mg kg⁻¹ de L-glutamato, iv

(B; PV= 69.8±4.8, CC= 2.8±0.1,). 3) 1 mL de solución salina fisiologica, iv (C; PV=69.08±2.5, CC=2.8±0.2,). Cada uno de los tratamientos fue administrado cada 72 horas durante 50 días.

3.4 Evaluación de Calidad seminal

A lo largo del experimento cada 10 días se evaluó la calidad seminal, exponiendo a cada macho a una hembra en celo, previamente tratada con benzoato de estradiol (Ourofino, Brasil) a dosis de 2mL animal⁻¹. Para la obtención del semen se utilizó una vagina artificial precalentada a 38°C y tubos graduados conicos para determinar el volumen del eyaculado. Una vez que se extrajo el semen, fue transportado al laboratorio para su posterior análisis. Para evaluar la calidad seminal se consideraron los siguientes parámetros:

- 1) *Latencia de eyaculación (s)*, determinado como el tiempo que transcurrió desde el momento que el macho se expuso a la hembra en celo, hasta el momento de la eyaculación dentro de la vagina artificial.
- 2) Volumen del eyaculado (ml), se midió la cantidad eyaculada a través del tubo cónico graduado a intervalos de 0.1 ml.
- 3) Concentración espermática, se determinó mediante un análisis fotométrico (Spermacue®, 12300/0500 Minitub, Landshut, Germany), utilizando una gota de semen no diluido, expresado en 10⁶ células.
- 4) Número total de espermatozoides eyaculados (unidades), se determinó considerando la concentración espermática por mL y multiplicada por el volumen total del eyaculado, y se expreso como 10⁶ células .
- 5) Motilidad masal (%), con el uso de un microscopio (400X) y una laminilla precalentada a 37°C, se determinó la motilidad masal utilizando una escala del 1 a 5, donde; 1= 25% y 5=100% de motilidad espermática, de acuerdo a lo descrito por Mahsud *et al.* (2013).
- 6) Viabilidad espermática (%), se determinó utilizando la técnica de tinción eosina-nigrosina como lo describe Kafi *et al.* (2004). Con ayuda de un microscopio electrónico (400X), se contaron 200 espermatozoides por laminilla,

obteniendo el porcentaje de muertos (teñidos de color rosa) y vivos (no teñidos). Todas las evaluaciones fueron realizadas por el mismo operador.

7) pH: se evaluó mediante el uso de tiras reactivas (UNIVERSAL PAPER TEST, pH 0 - pH 14).

3.5 Pruebas de conducta sexual

Al finalizar los 50 días de los tratamientos se realizó una prueba de comportamiento donde se registró la conducta sexual mostrada de cada macho al ser expuesto a una hembra en celo durante 30 min. En la prueba de comportamiento se consideró la conducta sexual apetitiva (CSA): olfateo ano-genital, aproximación, pataleo, vocalización y flehmen; y la conducta sexual consumatoria (CSC): intento de monta y monta completa.

3.6 Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante el paquete estadístico de SAS. Las variables peso vivo, condición corporal, circunferencia escrotal e intensidad de olor fueron sometidos a un análisis de varianza utilizando el ProcGLM de SAS, posteriormente cuando el ANOVA revelaba un efecto significativo los valores fueron comparados mediante una prueba de t de Student. La frecuencia de las conductas del comportamiento sexual fueron comparadas mediante una prueba de Fisher. Las diferencias fueron consideradas a ser estadísticamente significativas a un valor de $p \leq 0.05$.

4. RESULTADOS

En la figura 2 se muestran los valores promedio de las variables en estudio, circunferencia escrotal, condición corporal, peso corporal e intensidad de olor. En las variables peso corporal, condición corporal y circunferencia escrotal, no se observaron diferencias estadísticamente significativas al considerar el factor tratamiento o tiempo. Sin embargo, en la interacción tratamiento x tiempo el grupo B muestra una mayor intensidad de olor el día 5 de abril en comparación con los grupos A y C (0.7 ± 0.12 vs 0.5 ± 0.0 y 0.4 ± 0.1 , respectivamente; $p < 0.05$, fig. 2).

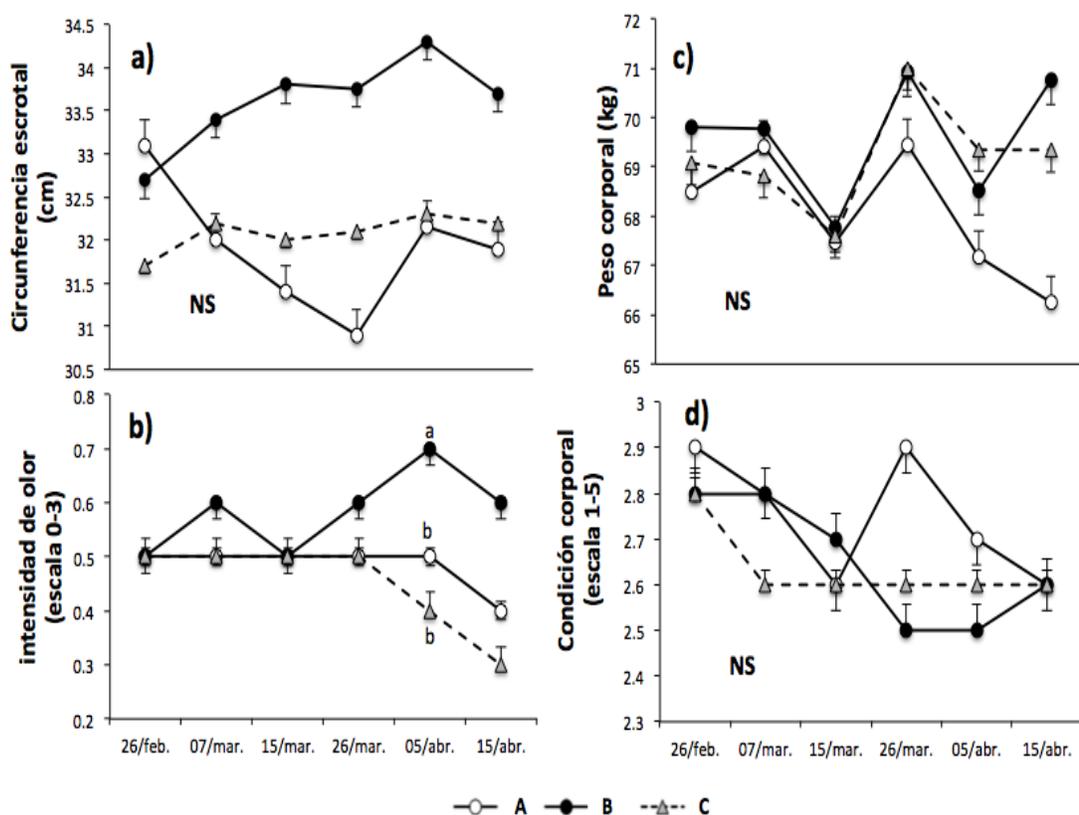


Figura 2. Valores promedio de **a)** circunferencia escrotal (cm), **b)** peso corporal (kg), **c)** condición corporal (unidades, escala 1-5) y **d)** intensidad de olor (unidades, escala 0-3), medidos a través del tiempo en carneros Dorper, tratados con glutamato (7 o 15 mg kg⁻¹ de PV) o sin tratamiento (0 mg kg⁻¹ de PV), durante la época de reposo sexual.^{a,b}. Valores con literal asimiles difieren ($p < 0.05$). NS=No significativo ($p > 0.05$).

En el cuadro 1 se muestran las frecuencias de las conductas realizadas por los carneros durante la prueba de comportamiento sexual aplicada al término del periodo de administración de los tratamientos (50d). Los tratamientos con glutamato incrementaron el CSA en los carneros Dorper, los carneros tratados con 7 mg kg⁻¹ de PV de glutamato realizaron la mayor cantidad de conductas apetitivas, seguidos por los del tratamiento con 15 mg kg⁻¹ de PV (155 vs 135, $p < 0.04$), en comparación con estos grupos, los carneros del grupo C mostraron menor frecuencia de conductas de CSA (155, 135 vs 103, respectivamente; $p < 0.02$). Sin embargo, en el CSC no se observaron diferencias significativas entre los carneros tratados (A y B) o no tratados con glutamato (C).

Cuadro 1. Frecuencia de conductas realizadas durante la prueba de comportamiento sexual apetitivo (CSA) y comportamiento sexual consumatorio (CSC) en carneros Dorper tratados con glutamato (7 o 15 mg kg⁻¹ de PV) o sin tratamiento (0 mg kg⁻¹ de PV), durante la época de reposo sexual.

Grupos		A	B	C
		15 mg kg ⁻¹ de PV	7 mg kg ⁻¹ de PV	0 mg kg ⁻¹ de PV
CSA	Olf. Ano-genital	48 ^a	49 ^a	50 ^a
	Aproximación	38 ^b	63 ^a	4 ^c
	Pataleo	23 ^{ab}	15 ^b	28 ^a
	Desenvaine	9 ^a	20 ^a	13 ^a
	Vocalización	13 ^a	0 ^b	2 ^b
	Flehmen	4 ^a	8 ^a	6 ^a
	Total	135 ^b	155 ^a	103 ^c
CSC	Int. Monta	2 ^a	6 ^a	2 ^a
	Monta	3 ^a	1 ^a	5 ^a
	Total	5 ^a	7 ^a	7 ^a
Total CSA & CSC		140 ^b	162 ^a	110 ^c

^{a,b,c} Valores con diferente literal en la misma fila difieren ($p < 0.05$).

Los valores medios generales de la latencia al eyaculado e indicadores de la calidad seminal de carneros Dorper durante los 50 días de tratamiento se muestran en el cuadro 2. Los carneros tratados con 15 mg de glutamato tardaron menos tiempo en eyacular (63.4 ± 16.3), en comparación con los que se

les aplico 7 mg (72.9 ± 14.9) y 0 mg de glutamato (105.5 ± 14.0), sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre grupos ($p > 0.05$).

En los carneros tratados con 15 mg de glutamato se incrementó ligeramente la concentración espermática (4455.7 ± 261.5), sin embargo, esta no difiere ($p > 0.05$) con la observada en el grupo C (4172.7 ± 234.0).

En los parámetros de motilidad masal (4.1 ± 0.3), y la individual (3.8 ± 0.3) no se evidenció efecto alguno con la aplicación de 15 mg de glutamato puesto que permanecieron igual que el grupo C ($p > 0.05$). No obstante, en los carneros que fueron tratados con 7 mg de glutamato estos parámetros fueron significativamente ($p \leq 0.05$) disminuidos, lo cual indica un descenso en la calidad espermática (Cuadro 2).

La concentración de los iones de hidrógeno (pH) se incrementó en el semen de los carneros tratados con 7 mg de glutamato (7.3 ± 0.2), y disminuyó en los tratados con 15 mg de glutamato (6.5 ± 0.2) al compararlos con los carneros del grupo C (6.9 ± 0.2).

Cuadro 2. Valores medios generales (\pm em) de latencia al eyaculado e indicadores de la calidad seminal de carneros Dorper tratados con L-glutamato (7 o 15 mg kg^{-1} de PV) o sin tratamiento (0 mg kg^{-1} de PV), durante la época de reposo sexual.

	A <i>15mg kg⁻¹ de PV</i>	B <i>7mg kg⁻¹ de PV</i>	C <i>0 mg kg⁻¹ de PV</i>	<i>p-value</i>
Latencia (Seg)	63.4 ± 16.3^a	72.9 ± 14.9^a	105.5 ± 14.0^a	0.175
Volumen (ml)	1.2 ± 0.1^a	0.9 ± 0.1^a	1.0 ± 0.1^a	0.151
Concentración/ml ($\times 10^6$)	4455.7 ± 261.5^a	3516.1 ± 318.3^b	4172.7 ± 234.0^a	0.072
Concentración/Vol. ($\times 10^6$)	5346.84 ± 604.2^a	3164.49 ± 328.0^b	4172.7 ± 575.3^a	0.002
Motilidad masal (1-5)	4.1 ± 0.3^a	2.3 ± 0.5^b	4.1 ± 0.3^a	0.003
Motilidad individual (1-5)	3.8 ± 0.2^a	1.9 ± 0.4^b	3.8 ± 0.3^a	0.004
Viabilidad (%)	64.5 ± 3.5^a	45.0 ± 6.1^b	63.6 ± 2.8^a	0.015
pH (1-7)	6.5 ± 0.2^b	7.3 ± 0.2^a	6.9 ± 0.2^{ab}	0.011

^{a,b} Valores con diferente literal en la misma fila difieren ($p \leq 0.05$)

5. DISCUSIÓN

En la presente investigación nos planteamos la hipótesis que, a mayor cantidad de glutamato exógeno, mayor incremento del comportamiento sexual y mejor calidad seminal. Con base en los resultados podemos aceptar parcialmente la hipótesis debido a que los carneros del grupo A tratados con la cantidad más alta de glutamato (15 mg Kg⁻¹ de PV) mostraron una mejoría en parámetros seminales tales como el volumen, concentración y viabilidad. Al respecto, se ha demostrado que los neurotransmisores y los aminoácidos excitadores, que actúan en la región hipotalámica-hipofisaria, pueden modular los cambios en la función testicular (Frungeri *et al.*, 1996). Particularmente a nivel testicular se ha reportado que el ácido glutámico a través de sus receptores ayuda a mantener la calidad espermática, especialmente protegiendo su membrana plasmática de cualquier daño (Pruneda *et al.*, 2007; Lee, 2011; Susetyarini, 2015). Así mismo, investigaciones realizadas por Pruneda *et al.* (2007) indican que el glutamato puede servir como sustrato oxidable en el metabolismo por los espermatozoides, esta función representa un mecanismo antioxidante para proteger las células de radicales libres.

Por otra parte, el incremento de la concentración espermática en los carneros tratados con la mayor cantidad de glutamato podría estar relacionado con el hecho de que la administración de glutamato incrementa el pulso de GnRH permitiendo la liberación de la pituitaria de FSH y LH (Olney *et al.*, 1976) y consecuentemente la secreción de la testosterona por los testículos promoviendo así el proceso de la espermatogénesis (Polat *et al.*, 2011; Bustos y Torres-Díaz, 2012; Dong *et al.*, 2016). Contrariamente, en los carneros tratados con 7 mg de glutamato se observó una disminución significativa en los parámetros de motilidad y viabilidad, una razón para esta diferencia en los resultados puede deberse a que las concentraciones de glutamato no fueron suficientes o en los niveles requeridos para ser utilizados por los espermatozoides para la producción de energía. Se ha sugerido que el glutamato, es utilizado como sustrato oxidable para el metabolismo aerobio, mejorando la supervivencia del espermatozoide (Pruneda, 2007). Así mismo, el

glutamato tiene un papel importante en la producción de ATP, sirviendo como una fuente de energía para la motilidad del espermatozoide, acción realizada a través de los receptores NMDA (Susetyarini, 2015, Lee, 2011). Investigaciones realizadas por Sivastana *et al.* (2006) indican que niveles bajos de ácido glutámico en el espermatozoide, resultan en una reducción de la motilidad.

Con respecto al comportamiento sexual, los resultados del presente experimento sugieren que la administración intravenosa de glutamato independientemente de la dosis utilizada (7 o 15 mg Kg⁻¹ PV) incrementa comportamiento sexual apetitivo de los carneros Dorper. Sin embargo, la dosis de 7 mg Kg⁻¹ fue mas efectiva para estimular el comportamiento sexual apetitivo promoviendo conductas tales como la aproximación, desvaine y flehmen la razón de este mejoramiento pudo ser debido a que el glutamato posiblemente actuó en el área preóptica medial y en respuesta se facilitó la expresión de dichas conductas apetitivas, tal como lo expresa Domínguez (2009). Adicionalmente en este mismo grupo de carneros se intensifico el olor probablemente a la acción que tiene el glutamato de activar el eje hipotálamo-hipófisis-gónadas, excitando las neuronas secretoras de GnRH y los niveles de gonadotropinas, tanto FSH como LH, tal como lo explica (Meza-Herrera, 2007; Meza-Herrera *et al.*, 2009). Al elevarse la concentración de gonadotropinas se incrementa la secreción de testosterona necesaria para aumentar el tamaño de las glándulas productoras de feromonas (O'Donnel *et al.*, 2015; Tejada *et al.*, 2016).

Por otra parte, los carneros tratados con 15 mg kg⁻¹ de PV incrementaron el comportamiento sexual en comparación con el grupo C, pero no más que el grupo tratado con 7mg⁻¹ kg de PV, estos resultados concuerdan con lo reportado por Ochiogu *et al.* (2015b), quienes indican que al administrar una dosis alta de glutamato (1g Kg⁻¹ de PV) disminuye la expresión del comportamiento sexual lo que puede estar relacionado con interrupciones en el eje hipotálamo-hipofisis-gónadas. En las últimas décadas, ha incrementado el interés por la investigación que describe la importancia del glutamato en el

comportamiento sexual y en aspectos relacionados con la calidad seminal, sin embargo, los mecanismos de acción aún no están del todo claros por lo que futuras investigaciones son requeridas para cuantificar los niveles de glutamato en los tejidos y así poder determinar el posible efecto de la dosis o vía de administración del glutamato exógeno que indudablemente se puede considerar como una alternativa para incrementar el comportamiento sexual y calidad espermática en animales de interés zootécnico donde se debe dejar de lado el uso de hormonas.

6. CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones en las que se llevó a cabo este estudio podemos concluir que la administración intravenosa de glutamato en carneros Dorper independientemente si se utilizan 7 o 15 mg incrementa el comportamiento sexual apetitivo y disminuye la latencia a la eyaculación. De acuerdo a nuestros resultados para mejorar aspectos de calidad seminal tales como el volumen, concentración y motilidad podríamos optar por la dosis de 15 mg kg⁻¹ PV.

7. LITERATURA CITADA

- Agarwal A, Virk G, Ong C, du Plessis SS. (2014). Effect of oxidative stress on male reproduction. *World J Mens Health*. 32(1):1–17.
- Arroyo, J. (2011). Estacionalidad Reproductiva De La Oveja En México. *Tropical And Subtropical Agroecosystems*; 14, 829-845.
- Balthazart, J. And Ball, G. (1998). New Insights Into The Regulation And Function Of Brain Estrogen Synthase (Aromatase). *Trends In Neurosciences*. 21(6), 1-6.
- Balthazart, J., Baillien, M., Cornil, C. and Ball, G. (2004). Preoptic aromatase modulates male sexual behavior: slow and fast mechanisms of action. *Physiology & Behavior*. 83(2), 247-270. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2004.08.025>
- Borja, F. And Fabre-Nys, C. (2012). Brain Structures Involved In The Sexual Behaviour Of Ile De France Rams With Different Sexual Preferences And Levels Of Sexual Activity. *Behavioural Brain Research* ; 226(2), 411- 419.
- Brann, D. And Mahesh, V. (1997). Excitatory Amino Acids: Evidence For A Role In The Control Of Reproduction And Anterior Pituitary Hormone Secretion. *Endocrine Reviews* 18(5), 678-700.
- Braun W.F., Thompson J.M., Ross C.V. (1980). Ram scrotal circumference measurements. *Theriogenology*. 13(3), 221-229 DOI: [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(80\)90084-9](https://doi.org/10.1016/0093-691X(80)90084-9)
- Brudzynski, S.M., Pniak, A., (2002). Social contacts and production of 50-kHz short ultrasonic calls in adult rats. *J. Comp. Psychol*. 116, 73e82.
- Bustos, O.E., Torres-Díaz, L., (2012). Seasonal reproduction in the male. *Intern. J. Morphol*. 30, 1266e1279.

- Calderón-Leyva, G., Meza-Herrera, C. A., Rodríguez-Martínez, R., Ángel-García, O., Rivas-Muñoz, R., Delgado-Bermejo, J. V., & Véliz-Deras, F. G. (2019). Effect of glutamate and/or testosterone administration on appetitive and consummatory sexual behaviors in pubertal rams and their influence on the reproductive performance of nulliparous anovulatory ewes. *Journal of Veterinary Behavior*, 30, 96-102.
- Calderón-Leyva, M. G., Meza-Herrera, C. A., Arellano-Rodríguez, G., Gaytán-Alemán, L. R., Alvarado-Espino, A. S., González-Graciano, E. A., ... & Véliz-Deras, F. G. (2017). Effect of Glutamate Supplementation upon Semen Quality of Young Seasonally Sexual-Inactive Dorper Rams. *Journal of Animal Research*, 7(3), 419-424.
- Calderón-Leyva, M.G., Meza-Herrera, C.A., Rodríguez-Martínez, R., Ángel-García, O., Rivas-Muñoz, R., Delgado-Bermejo, J.V., Veliz-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, 79e86.
- Carlson N. R. (2007). *Fisiología de la conducta*. 8va ed. New Jersey, USA: Pearson & Adisson Wesley. [L]
[SEP]
- Chemineau, P., & Delgadillo, J. A. (1994). Neuroendocrinología de la reproducción en el caprino. *Revista Científica-Universidad Del Zulia Facultad de Ciencias Veterinarias División de Investigación*, 1(2), 85-101.
- Chemineau, P.; Guillaume, D.; Migaud, M.; Thiery, J. C.; Pellicer- Rubio, M. T. & Malpoux, B. (2008). Seasonality of reproduction in mammals: intimate mechanisms and practical applications. *Reprod. Domest. Anim.*, 43(suppl 2):40–47.
- Chodidjah I., Israhanto N. Nalaprāja. (2009). Pengaruh pemberian tepung tempe terhadap motilitas spermatozoa mencit [The effect of soybean cake [L]
[SEP] powder on spermatozoa motility of mice]. *J Sain Medika*; 1(2):153–158.

- Coelho, L. A.; Rodrigues, P. A.; Nonaka, K. O.; Sasa, A.; Balieiro, J. C.; Vincente, W. R. & Cipolla-Neto, J. (2006). Annual pattern of plasma melatonin and progesterone concentrations in hair and wool ewe lambs kept under natural photoperiod at lower latitudes in the southern hemisphere. *J. Pineal Res.*, 41:101-7.
- Courot, M. & Ortavant, R. (1981). Endocrine control of spermatogenesis in the ram. *J. Reprod. Fertil. Suppl.*, 30:47-60.
- Cull-Candy, S., Brickley, S., Farrant, M., (2001). NMDA receptor subunits: diversity, development and disease. *Curr. Opin. Neurobiol.* 11, 327–335.
- Dardente, H., Lomet, D., Robert, V., Decourt, C., Beltramo, M. And Pellicer-Rubio, M. (2016). Seasonal Breeding In Mammals: From Basic Science To Applications And Back. *Theriogenology* . 86(1), 324-332.
- Dickson, K. A., & Sanford, L. M. (2005). Breed diversity in FSH, LH and testosterone regulation of testicular function and in libido of young adult rams on the southeastern Canadian prairies. *Small ruminant research*, 56(1-3), 189-203.
- Dominguez J. M., Hull E.M. (2005). Dopamine, the medial preóptica area, and male sexual behavior. *Physiol. Behav.* 86, 356-368.
- Dominguez J.M., Gil m., Hull E.M., (2006). Preoptic glutamate facilitates male sexual beahvior. *J. Nerusci.* 26, 1699-1703.
- Dominguez, J. And Hull, E. (2005). Dopamine, The Medial Preoptic Area, And Male Sexual Behavior. *Physiology & Behavior* 86(3), 356-368.
- Dominguez, J. M. (2009). A role for preoptic glutamate in the regulation of male reproductive behavior. *The Neuroscientist*, 15(1), 11-19. DOI: <https://doi.org/10.1177/1073858408322679>

- Dong H-J., Wu D., Xu S-Y., Li Q., Fang Z-F., Che L-Q., Wu C-M., Xu X-Y and Lin Y. 2016. Effect of dietary supplementation with aminoacids on boar sperm quality and fertility. *Animal Reproduction Science*. 172:182-189.
- Everitt BJ. (1990). Sexual motivation: a neural and behavioral analysis of the mechanisms underlying appetitive and copulatory responses of male rats. *Neurosci Biobehav Rev*;14:217 – 32.
- Folch, J. (2000). Manejo del morueco. *XXV Jornadas Científicas SEOC, Producción ovina y caprina*, 61-64.
- Forrest D, Yuzaki M, Soares HD, Ng L, Luk DC, Sheng M, and others. (1994). Targeted disruption of NMDA receptor 1 gene abolishes NMDA response and results in neonatal death. *Neuron* 13:325–38.
- Frungieri, M. B., Gonzalez-Calvar, S. I., & Calandra, R. S. (1996). Influence of photoinhibition on GABA and glutamic acid levels, and on glutamate decarboxylase activity in the testis and epididymis of the golden hamster. *International journal of andrology*, 19(3), 171-178
- Fusani, L., Barske, J., Day, L., Fuxjager, M. And Schlinger, B.(2014). Physiological Control Of Elaborate Male Courtship: Female Choice For Neuromuscular Systems. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*; 46, 534-546.
- Ghosh A, Ginty DD, Bading H, Greenberg ME. (1994). Calcium regulation of gene expression in neuronal cells. *J Neurobiol* 25:294–303.
- González, A. , Veliz-Deras, F. G., Wuringer, M., De Santiago-Miramontes, M.A., Rivas-Muñoz, R., Carrillo, E., Calderón-Leyva, M.G., Buendía-Tamariz, M.N., Zavaleta, J. (2010). Aminoácidos Excitadores, Fotoperiodos Crecientes, Y Niveles Sericos De Testosterona En Machos Caprinos. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 9(2), 193-200.
- Hull E, M., Meisel R. L, Sachs B. D. (2002). Male sexual behavior. In: Rubin RT, editor. *Hormones, brain and behavior*. San Diego: Academic Press. p 3-

137.

- Hull E. M., Dominguez J. M. (2003). Sex behavior. In: Gallagher M, Nelson RJ, Weiner IB, editors. Handbook of psychology, biological psychology. Hoboken: Wiley. p 321–53.
- Hull E. M., Dominguez J. M. (2006). Getting his act together: roles of glutamate, nitric oxide, and dopamine in the medial preoptic area. *Brain Res* 1126:66–75.
- Hull E. M., Wood R. I., McKenna K. E. (2006). The neurobiology of male sexual behavior. In: Neill J, Pfaff, D, editors. The physiology of reproduction. New York: Elsevier. p 1729–824.
- Iamsaard, S., Sukhorum, W., Samrid, R., Yimdee, J., Kanla, P., Chaisiwamongkol, K., & Kondo, H. (2014). The sensitivity of male rat reproductive organs to monosodium glutamate. *Acta medica academica*, 43(1).
- Iremonger, K. J., Constantin, S., Liu, X., & Herbison, A. E. (2010). Glutamate regulation of GnRH neuron excitability. *Brain research*, 1364, 35-43. doi: <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.08.071>
- Ishii, K. K., & Touhara, K. (2019). Neural circuits regulating sexual behaviors via the olfactory system in mice. *Neuroscience Research*, 140, 59-76.
- Jan, S. Z., Hamer, G., Repping, S., de Rooij, D. G., van Pelt, A. M., & Vormer, T. L. (2012). Molecular control of rodent spermatogenesis. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease*, 1822(12), 1838-1850.
- Jubaidi, F. F., Mathialagan, R. D., Noor, M. M., Taib, I. S., & Budin, S. B. (2019). Monosodium glutamate daily oral supplementation: study of its effects on male reproductive system on rat model. *Systems biology in reproductive medicine*, 1-11. DOI: 10.1080/19396368.2019.1573274
- Kafi, M., Safdarian, M., Hashemi, M., (2004). Seasonal variation in semen characteristics, scrotal circumference and libido of Persian Karakul rams.

Small Rumin. Res. 53, 133–139.

- Lee, A., Anderson, A. R., Barnett, A. C., Chan, A., & Pow, D. V. (2011). Expression of multiple glutamate transporter splice variants in the rodent testis. *Asian journal of andrology*, 13(2), 254.
- Lindsay, D. R. (1965). The importance of olfactory stimuli in the mating behaviour of the ram. *Animal Behaviour*, 13(1), 75-78.
- Mahesh, V.B., Brann, D.W., (2005). Regulatory role of excitatory amino acids in reproduction. *Endocrine* 28, 271e280.
- Malejane, C. M., Greyling, J. P. C., & Raito, M. B. (2014). Seasonal variation in semen quality of Dorper rams using different collection techniques. *South African Journal of Animal Science*, 44(1), 26-32.
- Medina Marín, A., & Escobar, M. (2002). Sistema glutamatérgico, primera parte: Sinaptología, homeostasis y muerte celular. *Revista colombiana de Psiquiatria*, 31(3), 193-218.
- Meza-Herrera, C. A., García, M. L., Medrano, J. L., Moreno, M. T., & Gonzalez, H. S. (2007). aminoacidos neuroexcitadores, condición corporal, circunferencia escrotal y concentraciones sericas de lh en machos caprinos bajo fotoperiodos crecientes. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 6(2), 205-210.
- Meza-Herrera, C. A., González-Velázquez, A., Veliz-Deras, F. G., Rodríguez-Martínez, R., Arellano-Rodriguez, G., Serradilla, J. M., & Macías-Cruz, U. (2014). Short-term glutamate administration positively affects the number of antral follicles and the ovulation rate in cyclic adult goats. *Reproductive biology*, 14(4), 298-301.
- Meza-Herrera, C., Torres-Moreno, M., López-Medrano, J., González-Bulnes, A., Veliz, F., Mellado-Bosque, M., Wurzinger, M., Soto-Sanchez, M. And Calderón-Leyva, G. (2011). Glutamate Supply Positively Affects Serum Release Of Triiodothyronine And Insulin Across Time Without Increases Of Glucose During The Onset Of Puberty In Female Goats. *Animal Reproduction Science* 125, 74-80.

- Meza-Herrera, C.A. (2008). Mecanismos Reguladores De La Pubertad En La Cabra: Actualización De Algunos Conceptos. *Tropical And Subtropical Agroecosystems* 9, 29-38.
- Mhaouty-Kodja, S. (2018). Role of the androgen receptor in the central nervous system. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 465, 103-112.
- O'Donnell, L., Stanton, P., & de Kretser, D. M. (2017). Endocrinology of the male reproductive system and spermatogenesis. In *Endotext [Internet]*. MDText. com, Inc..
- Ochiogu IS, Ogwu D, Uchendu CN, Okoye CN, Ihedioha JI, Mbegbu EC (2015b). Serum luteinizing hormone, testosterone and total cholesterol levels, libido and testicular histomorphology of male West African Dwarf goats orally or subcutaneously treated with monosodium L- glutamate. *Veterinari Medicina* 60, 253–260.
- Ochiogu, I., Ogwu, D., Uchendu, C., Okoye, C., Ihedioha, J., & Mbegbu, E. (2015a). Effects of monosodium-L-glutamate administration on serum levels of reproductive hormones and cholesterol, epididymal sperm reserves and testicular histomorphology of male albino rats. *Acta Veterinaria Hungarica*, 63(1), 125-139. DOI: <https://doi.org/10.1556/AVet.2015.011>
- Odagiri, K., Matsuzawa, Y., & Yoshikawa, Y. (1995). Analysis of sexual behavior in rams (*Ovis aries*). *Experimental animals*, 44(3), 187-192.
- Okoye, C. N., Ochiogu, I. S., & Onah, C. E. (2016). The effects of monosodium L-glutamate administration on the reproduction and serum biochemistry of adult male rabbits. *Veterinari Medicina*, 61(3).
- Olney J.W., Cicero T.J., Meyer E., and DeGubareff T. 1976. Acute glutamate-induced elevations in serum testosterone and luteinizing hormone. *Brain Research*. 112:420-424
- Oomura Y, Aou S, Koyama Y, Fujita I, Yoshimatsu H. (1988). Central control of sexual behavior. *Brain Res Bull* 1988;20:863 – 70. 

- Orihuela, T.A., (2014). The sexual behavior of ram: a review. *Rev. Mex. Cien. Pec.* 5, 49e89.
- Paredes RG, Tzschentke T, Nakach N. (1998). Lesions of the medial preoptic [SEP]area/anterior hypothalamus (MPOA/AH) modify partner preference [SEP]in male rats. *Brain Res* ;813:81 – 3.
- Perkins, A. And Roselli, C. (2007). The Ram As A Model For Behavioral Neuroendocrinology. *Hormones And Behavior* 52(1), 70-77.
- Polat H., Gürsel D., Ilkay B. and Erkan P. 2011. Annual change of the testosterone hormone in male White Goats. *Agricultural Sciences in China.* 10(2):312-316.
- Powell WS, Dominguez J. M., Hull E. M. (2003). An NMDA antagonist impairs copulation and the experience-induced enhancement of male sexual behavior in the rat. *Behav Neurosci* 117:69–75.
- Price, E. O., Wallach, S. J., & Dally, M. R. (1991). Effects of sexual stimulation on the sexual performance of rams. *Applied Animal Behaviour Science*, 30(3-4), 333-340.
- Pruneda, A., Yeung, C., Bonet, S., Pinart, E. And Cooper, T. (2007). Concentrations Of Carnitine, Glutamate And Myo-Inositol In Epididymal Fluid And Spermatozoa From Boars. *Animal Reproduction Science* 97(3-4), 344-355
- Roberts, K. P., & Chauvin, T. R. (2019). Molecular mechanisms of testosterone action on the testis. *Current Opinion in Endocrine and Metabolic Research*, 6, 29-33.
- Roselli CE, Resko JA, Stormshak F. Hormonal influences on sexual partner preference in rams. *Archives Sex Behav* 2002;31(1):43-49. [SEP]
- Roselli, C.E., Stormshak, F., Resko, J.A., (2000). Distribution of aromatase mRNA in the ram hypothalamus: an In Situ hybridization study. *J.*

Neuroendocrinol. 12, 656–664.

Russel A. (1984). Body condition scoring of sheep. In *Practice*. 6(3), 91-93 DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/inpract.6.3.91>

Sano, K., Tsuda, M. C., Musatov, S., Sakamoto, T., & Ogawa, S. (2013). Differential effects of site-specific knockdown of estrogen receptor α in the medial amygdala, medial pre-optic area, and ventromedial nucleus of the hypothalamus on sexual and aggressive behavior of male mice. *European Journal of Neuroscience*, 37(8), 1308-1319.

Sarlós, P., Egerszegi, I., Balogh, O., Molnár, A., Cseh, S. And Rátky, J. (2013). Seasonal Changes Of Scrotal Circumference, Blood Plasma Testosterone Concentration And Semen Characteristics In Racka Rams. *Small Ruminant Research*; 111(1-3), 90-95.

Senger, P. (2004). *Pathways To Pregnancy & Parturition*. Washington State University. 2nd Ed. Washington, Usa.: Current Conceptions, Inc. Pp. 215-230.

Simerly RB, Swanson LW. (1988). Projections of the medial preoptic nucleus: a Phaseolis vulgaris leucoagglutinin anterograde tract- tracing study in the rat. *J Comp Neurol* ; 270:209–42.

Sivastana S, Desai P, Coutinno E, Govil G. (2006). Mechanism of action of L-arginine on the vitality of spermatozoa is primarily through increase biosynthesisi of nitric oxide. *Biol Reprod* ;74(5):954–958.

Susetyarinia, R.. (2015). The Level Of Glutamic Acid In The Semen Of Male White Rat (*Ratus Norwegicus*) After Being Treated With Tannin Of *Pluchea Indica*. *Procedia Chemistry*. 14, 152-156.

Tafelski TJ, Lamperti AA (1977). The effects of a single injection of monosodium glutamate on the reproductive neuroendocrine axis of the female

hamster. *Biology of Reproduction* 17, 404–411.

- Takarada, T., Balcar Vladimir, J., & Hideo, T. (2004). Possible expression of functional glutamate transporters in the rat testis. *Journal of endocrinology*, 181, 233-244.
- Tejada, U.L., 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. *Arch. Sex. Behav.* 46, 835e842.
- Trainor, B. C., Martin II, L. B., Greiwe, K. M., Kuhlman, J. R., & Nelson, R. J. (2006). Social and photoperiod effects on reproduction in five species of *Peromyscus*. *General and comparative endocrinology*, 148(2), 252-259.
- Ungerfeld, R. (2012). Seasonal reproductive patterns and effectiveness as teasers (ram effect) of Corriedale and Milchschaaf rams. *Animal Production Science*, 52(11), 1036-1041.
- Ungerfeld, R. (2015). Management of reproductive seasonality in small ruminants. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 23(6).
- Veliz, F.G., M. Mellado, E. Carrillo, C.A. Meza-Herrera, and R. Rivas-Muñoz. (2009). Effects of a long day photoperiod on milk yield and ovarian activity of Saanen goats in northern Mexico. *Journal of Applied Animal Research*. 36(4):287-290
- Walkden-brown SW, Restall B. J., Norton B. W., Scaramuzzi R. J., Martin G. B. (1994). Effects of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland, volume and odor in Australian Cashmere goats. *J. Reprod. Fertil.* 102 (2), 351-360. DOI: <https://doi.org/10.1530/jrf.0.1020351>

Will, R., Hull, E. and Dominguez, J. (2014). Influences of dopamine and glutamate in the medial preoptic area on male sexual behavior. *Pharmacology Biochemistry and Behavior* 121, 115-123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pbb.2014.02.005>