



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

Evaluación reproductiva de machos caprinos mediante una prueba de motivación sexual al eyacular en la vagina artificial y una prueba de calidad seminal

Tesis

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MEDICA VETERINARIA Y ZOOTECNISTA**

PRESENTA:

Laura Ruiz Salas

Asesora:

MPA Rosalba Soto González

Cuautitlán Izcalli, Estado de México 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

C. A. M.
ESTUDIO

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

**M. en C. JORGE ALFREDO CUELLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE**

**ATN: M. en A. ISMAEL HERNANDEZ MAURICIO
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlan.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos **La Tesis:**

Evaluación reproductiva de machos caprinos mediante una prueba de motivación sexual al eyacular en la vagina artificial y una prueba de calidad seminal

Que presenta la paciente **Laura Ruiz Salas**

Con número de cuenta: **07229151-5** para obtener el Título de: **Médica Veterinaria Zootecnista**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, obramos nuestro **VOTO APROBATORIO**

ATENTAMENTE

"POR MI FAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

Cuautitlan Izcalli, Méx. a 04 de abril de 2016.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	M. en C. Jorge Alfredo Cuéllar Ordaez	
VOCAL	M. en C. Aruro Ángel Trigo Gonzalez	
SECRETARIO	MP A. Rosalba Solo Gonzalez	
1er SUPLENTE	MV.Z. Gail Alejandra Rodríguez Zamora	
2do SUPLENTE	MV.Z. Paco César Dato Suárez	

NOTA: Los exámenes correspondientes deberán presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 4.21)

En caso de que algún miembro del jurado no pueda asistir al examen profesional deberá dar aviso por escrito al departamento (art. 4.27 RCG)

HHM/via*

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero y profundo agradecimiento a todas y cada una de las personas que hicieron posible la realización de este trabajo.

A los laboratorios de Reproducción y Comportamiento Animal, de Morfología Veterinaria y Biología Celular de la Unidad de Investigación Multidisciplinaria. Así como al Módulo de Caprinos del Centro de Enseñanza Agropecuaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

Al MC Francisco Rodolfo González Díaz Técnico Académico por su colaboración técnica en el diseño de la prueba de motivación sexual. Así como en la colección y la evaluación del semen de los machos caprinos, soporte de esta tesis.

Al Proyecto PAPIME PE206016. Mejora de la enseñanza en el trabajo de campo de la asignatura de Reproducción Animal de la licenciatura de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Al proyecto PIAPI “Factores de control del comportamiento y la reproducción en las especies domésticas”.

Al Dr. Carlos Gerardo García Tovar por permitirme trabajar en el laboratorio de Morfología Veterinaria y Biología Celular de la UIM.

Al EPOC. Paolo Cesar Cano Suárez por su apoyo en el manejo de los machos caprinos.

A la MVZ. Rocío Ibarra Maldonado por su apoyo para la realización de esta tesis.

DEDICATORIAS

A Dios por haberme dado la oportunidad de conocerlo y seguir aprendiendo de su amor, por darme la vida y unos maravillosos padres.

A mis padres que ya se encuentran con mi Dios:

Efrén Ruiz y Dolores Salas

Lo prometido es deuda te lo dije y te lo cumplo, ahora aunque ya no estás presente, agradezco el amor y la felicidad que me hicieron sentir todos los años que estuvieron conmigo.

A mis hermanos Nina, Chavelita, Mundo, Magos, Ramón, Machi y Rocito. Por el amor mutuo que nos tenemos todos.

A mis hijos: Aarón, Efrén y Andrea que pongan en su mente sus sueños y logren realizarlos porque si se puede.

A mis nietos: Yunuen, Zuri, Benjamin y Emanuel que sepan que yo su abuelita los ama con todo su corazón.

A la maestra: Mari Espejel por su apoyo y sus palabras: La Universidad está para ayudarte gracias.

A la maestra: Marisol Paredes es usted el ángel que Dios puso en mi camino gracias.

A mi asesora la Doctora Rosalba Soto porque más que una asesora encontré en usted una amiga invaluable gracias.

A mis amigos: Nancy y Javier por todo su apoyo y amistad incondicional gracias.

Y no por ponerte al último eres el menos importante, al contrario a ti mi esposo Andrés por toda una vida juntos y seguir estando unidos gracias.

ÍNDICE

Resumen	1
Introducción	3
Antecedentes	4
Descripción de la conducta sexual	4
Ecología de la especie	4
Etograma de la conducta sexual	54
Metodologías empleadas para el estudio de la relación entre el comportamiento sexual, la calidad y funcionalidad espermática en los machos caprinos	8
Factores que afectan la conducta sexual y la calidad seminal	17
Objetivos	19
Materiales y métodos	20
Resultados	23
Discusión	33
Conclusiones	35
Bibliografía Consultada	36

RESUMEN

En el presente estudio se observaron diferencias entre los machos para las diferentes conductas y la calidad seminal cuando fueron evaluados en una prueba de recolección de semen con vagina artificial con una hembra en estro. En cuanto a las conductas precopulatorias se pudieron observar diferencias significativas entre los machos evaluados. Existieron diferencias significativas entre el macho número 6 y los otros machos (1, 2, 3, 4 y 5) que fueron similares ($P < 0.05$, Prueba de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney). Para la frecuencia de cópulas falsas se pudo observar que hay dos machos que difieren del resto de los otros (macho número 3 y el macho número 6; $P < 0.05$, Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney).

Los resultados para la frecuencia de montas verdaderas mostraron que el macho con el número 5 es diferente a los demás machos con los números 1, 2, 3, 4, y 6 estos machos entre si son todos iguales ($P < 0.05$, Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney). Para la latencia de cópula, los resultados indican que los machos con los números 1, 2, 4 y 6 son iguales entre sí. Mientras que el macho 3 es el que presentó un menor tiempo en copular. Por otro lado, el macho 5 presentó la latencias más grande durante la prueba ($P < 0.05$, Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney).

En cuanto a la calidad seminal, los resultados para la motilidad masal no fueron significativamente diferentes entre los machos. Con excepción del macho 5 que fue diferente porque no eyaculó. Para la motilidad progresiva, el macho 4 tuvo significativamente una menor motilidad progresiva (menos de 80%) que el resto de los otros machos ($P < 0.05$, Kruskal-Wallis; U de Mann-Whitney). Por otro lado, en la concentración espermática se pudo observar que el macho con el número 6 presenta similar concentración que los machos con el número 1 y 2 con el número 3 ($P < 0.05$, Kruskal-Wallis; U de Mann-Whitney).

En cuanto a los resultados del volumen el macho con el número 4 diferente a los machos con el número 1, 2, 3, y el macho con el 6 es semejante con el número 4 ($P < 0.05$, Kruskal-Wallis; U de Mann-Whitney).

Los resultados observados para los espermatozoides vivos en los machos con los números 4 y 6 resultan diferentes entre ellos y a su vez con los otros machos. Con respecto a los espermatozoides muertos, el macho con el número 4 fue diferente porque presentó poca cantidad de espermatozoides muertos y solo se obtuvieron 6 eyaculados de las 10 muestras ($P < 0.01$, Kruskal-Wallis; U de Mann-Whitney). Lo mismo ocurrió para los espermatozoides normales, el macho con el número 4 presenta resultados diferentes a los anteriores ($P < 0.04$, Kruskal-Wallis; U de Mann-Whitney). Las anomalías primarias fueron diferentes entre los

machos con los números 1, 2, 3 y 6, pero el macho número 4 presento diferencias con los anteriores. Con respecto a las anormalidades secundarias, los machos con los números 1, 2,3 y 6 todos fueron similares, a diferencia con el macho número 4. En estos resultados se observa que el macho con el número 4 es el que presenta espermatozoides con mala calidad ($P < 0.05$, Kruskal-Wallis; U de Mann Whitney, en ambos casos). Del presente trabajo se puede concluir que la evaluación del comportamiento sexual y la calidad seminal son herramientas para decidir que machos sirven como sementales porque pueden existir machos que presenten una buena conducta sexual pero baja calidad seminal y esto podría traducir a un número reducido de cabras servidas.

INTRODUCCIÓN

La conducta sexual y la calidad seminal son dos de los parámetros más importantes para medir la eficiencia reproductiva de los machos caprinos.

El desempeño sexual, generalmente se refiere a la capacidad natural del macho a la cubrición masiva de hembras en un periodo relativamente corto. Esta capacidad depende de la combinación del deseo sexual o motivación, la coordinación física, fuerza y resistencia (Katz, 2007). Un macho estéril se identifica *fácilmente* después de un empadre, sin embargo, aquel que presenta fertilidad reducida plantea serios problemas y causa pérdidas económicas a los criadores y a la industria de la inseminación artificial (Flowler, 1984; Hafez, 2002).

La libido y la calidad seminal no van siempre de la mano, esto se debe a que estas características se rigen por diferentes mecanismos (Evans y Maxwell, 1987). Se considera que en un grupo de machos no seleccionados, aproximadamente el 50% de la diferencia en fertilidad se debe a la calidad de semen; en contraste, en machos preseleccionados, esta diferencias se pueden reducir 20% o menos. La capacidad de fertilización de los espermatozoides depende de varios atributos funcionales indicativos de madurez, capacitación y reacción acrosomal, por esto, se requiere disponer de pruebas simples de laboratorio para monitorizar dichas funciones (Harrison, 1997).

El establecimiento de algunas pruebas conductuales más la calidad del semen así como la posibilidad de la construcción de un índice con los componentes de ambas variables permitirán evaluar las aptitudes reproductivas de cada macho cabrío.

Por tal motivo, en el presente trabajo se comparará la motivación sexual para eyacular en la vagina artificial, así como la calidad seminal y la relación entre las mismas.

ANTECEDENTES

Los caprinos fueron de las primeras especies que se domesticaron aproximadamente hace 11000 años, se distribuyen prácticamente en todo el mundo, además constituyen un recurso económico y alimenticio para muchos países. Por otro lado, es un animal que no ha sido sujeto a una explotación tan intensiva como en el caso de los bovinos y los ovinos, lo cual da como resultado que se hayan realizado menos trabajos de investigación para elevar su producción (Fabre-Nys, 2000, 2010).

Descripción de la conducta sexual

Ecología de la especie

En condiciones naturales los caprinos llevan a cabo su reproducción y el empadre en los meses de otoño e invierno, esta especie vive en sociedades separadas por sexo (Mysterud, 2001). Fuera del periodo reproductivo por un lado, las hembras forman pequeños grupos estables que comprenden una o más hembras adultas, sus crías del año y dos juveniles en edad reproductiva de 2 a 2.5 años, por otro lado los machos forman subgrupos de 3 a 5 machos en dominios diferentes a las de las hembras, y es durante este periodo que las hembras excluyen a los machos a veces de manera agresiva si es que se aproximan.

Al inicio de la estación sexual pequeños grupos de hembras se desplazan fuera de su dominio vital (McTaggart, 1971) para la búsqueda de los machos para aparearse (Fabre-Nys, 2000; Ruckstuh y Neuhas, 2000; Kridletal, 2007). Las agrupaciones de machos se disgregan y se reúnen con las hembras para formar su propio harén, los machos pueden desplazarse de un grupo de hembras a otro (Craig, 1981). Los machos participan entonces en combates con otros machos para proteger su harén gran parte del combate se hace de frente, los machos se levantan sobre sus patas y se enfrentan cabeza con cabeza volviendo a caer, pero también intercambian golpes en los costados ocasionándose heridas (Rouger, 1974).

El comportamiento sexual del macho cabrío se caracteriza por ser un sistema de reproducción de tipo promiscuo o polígamo. El macho puede vincularse con varias hembras (poliginia) y también a la inversa, la hembra puede vincularse con varios machos (poliandria) (Maier, 2005; Katz, 2007). Como otros herbívoros los machos dominantes y con mayor experiencia, son los que realizan el mayor número de apareamientos; asimismo las hembras con mayor jerarquía son las que se aparean primero, pero los machos de menor jerarquía no están completamente excluidos de este proceso (Coté y Fiesta - Bianched, 2001).

La introducción del o los machos en el rebaño, provoca la sincronización del estro en el mayor número posible de hembras y en el menor tiempo durante la estación reproductiva este fenómeno se le conoce como efecto macho y es una estrategia evolutiva que garantiza la reproducción de esta especie con ciclos estacionales (Delgadillo *et al.*, 2008).

Efecto macho es un proceso multisensorial y la respuesta de las hembras depende de las señales emitidas por los machos. Durante el periodo de anestro la calidad de las señales del macho (comportamiento sexual, olor, vocalizaciones), disminuye, por lo que la respuesta de las hembras al efecto macho es baja o ausente (Delgadillo *et al.*, 2009).

En los caprinos, la reproducción estacional y la sincronización de los estros provocan que los partos se concentren durante la primavera. Este patrón reproductivo se debe principalmente a la evolución de esta especie en particular, así como en su lugar de origen en Asia (Rosa *et al.*, 2000; Rosa y Bryant, 2003). En estas latitudes sólo sobreviven los individuos que se apareaban al final del otoño para que durante la primavera se dieran las condiciones ambientales y de disponibilidad de alimento más favorables para los partos y la producción de leche para la crianza de las crías (Santiago-Moreno, 2000; Miranda de la Lama y Mattiello, 2010).

Etograma de la conducta sexual

En el macho cabrío el comportamiento sexual no se expresa más que en un contexto social particular, por ejemplo, la obtención de un territorio, la posición social dominante, la selección natural de la pareja potencial, en esta fase las parejas tienen primero que encontrarse y posteriormente atraerse uno con otro. Las hembras, seleccionan al macho con el que se aparearán y que por lo general son aquellos que poseen una mayor talla, conformación corporal y tamaño de los cuernos (Fabre-Nys, 2000).

El comportamiento sexual se puede dividir en dos fases:

La primera fase llamada precopulatoria las parejas participan en patrones especie específicos con la intención de llegar al apareamiento, es una fase apetitiva depende básicamente de la motivación sexual de la pareja; durante esta fase, el individuo contacta al macho o a la hembra y lo convence de unirse en una interacción sexual. La fase consumatoria consiste en el apareamiento o cópula. Aunque se trate de interacciones donde el comportamiento de cada uno de los compañeros depende del otro (Fabre- Nys, 2000, 2010).

El comportamiento sexual del macho

El macho cabrío realiza la búsqueda y contacto con la hembra en estro usando señales olfatorias y pasan gran parte del tiempo olfateando el tracto genital y la orina de la hembra. El macho responde con una conducta conocida como flehmen (la respuesta se basa en olores no volátiles en el órgano vomeronasal para su detección por el sistema olfatorio accesorio). Durante el flehmen, el macho tiene una posición rígida y quieta, la cabeza levantada en posición horizontal, la nariz extendida y el labio superior levantado en respuesta al olor y sabor de la orina. Durante esta etapa, los machos cabríos realizan su automarraje olfativo, el cual consiste en arquear y voltear el hocico hacia su pene y rociarse la cara y barbas con orina y junto con la elevación de la cola que ayuda a extender el olor de las glándulas almizcleras perianales y las glándulas de los cuernos, también activas durante la época de estro. Este tipo de marcaje se lleva a cabo durante el cortejo o cuando otros machos se encuentran presentes (Kilgour, 1985; Fabre-Nys, 2000; Fabre-Nys y Geles, 2007; Espinosa, *et al.*, 2013).

En los machos cabríos la atractividad sexual hacia la cabra inicia con manoteos, topeteos, vocalizaciones (balidos), intentos de monta y montas falsas (asociado con movimientos pélvicos y erección; pero sin intromisión del pene). A continuación sigue la cópula la monta verdadera o con servicio, caracterizada por el movimiento conocido como golpe de riñón que se caracteriza por un pequeño saltito que da el macho al mismo tiempo que jala la cabeza hacia atrás donde la eyaculación dura unos segundos (Fabre – Nyz, 2000; Hafez, 2000). Figura 1

El comportamiento sexual de la hembra

El comportamiento sexual de la hembra es más difícil de identificar, que el comportamiento sexual del macho. De acuerdo con Frabre–Nys y Gelez, (2007) y Fabre-Nys, (2010), el comportamiento sexual de la hembra se compone de tres fases principales, la atractividad, la proceptividad y la receptividad.

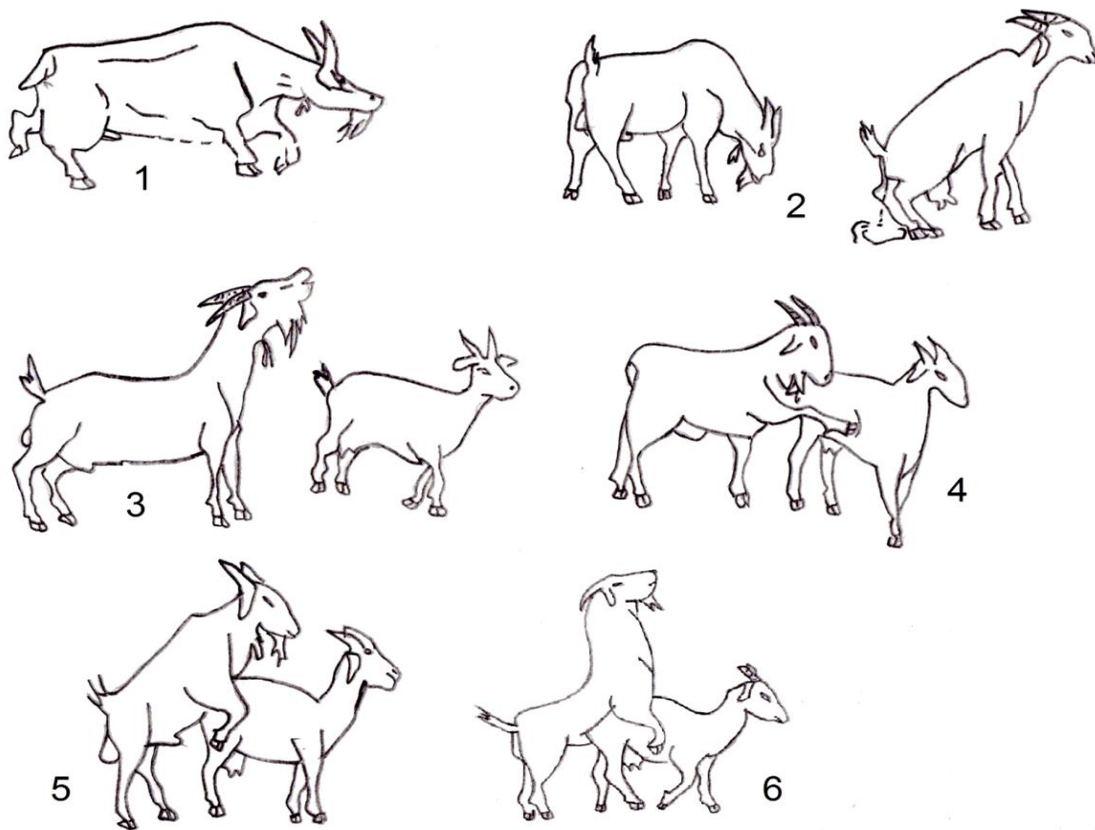


Fig. 1. Comportamiento sexual macho caprino; 1. El macho busca una hembra en estro, en esta fase el macho se orina las barbas y el vientre para atraer a la hembra; 2. La hembra para llamar la atención del macho orina con mayor frecuencia y aumenta su actividad locomotriz; 3. El macho olfatea a la hembra y realiza el reflejo de flehmen; 4. El macho golpea los flancos de la hembra y emite vocalizaciones de cortejo, al mismo tiempo que saca y mete su lengua recorriéndola en el dorso de la hembra; 5. Intenta montar a la hembra; 6. Cópula entre macho y hembra. Adaptado de Fabre –Nys, 2000; Ayala y Paredes, 2013.

La atractividad, es la capacidad de la hembra caprina para estimular el interés del macho y depende de los estímulos pasivamente emitidos por esta, que se determina mediante el comportamiento del macho cuando se investiga a la hembra (Gonyou, 1991; Roselli y Stormmahak, 2010). Esta atractividad está influenciada por los niveles hormonales ováricos y es más intensa cuándo se incrementa la concentración del estradiol justo antes de la ovulación, esto incrementa la probabilidad de que la hembra atraiga al macho y sea montada cuando es fértil (Fabre-Nys y Gelez, 2007; Haulenbeek, 2009).

La proceptividad, es la suma de los comportamientos sexuales exhibidos por las cabras en estro hacia el macho, con el fin de iniciar y mantener la relación sexual. Se mide mediante la observación del comportamiento precopulatorio como son la frecuencia de manoteos, olfateos, intentos de monta y montas realizadas por el macho, así como por los movimientos de la cola (banderilleo) de la hembra hacia el macho (Fabre-Nys y Gelez, 2007). Además las cabras muestran comportamientos proceptivos más activos cuando no hay presencia de machos, o cuando la capacidad del macho para interactuar con la hembra se reduce (Espinosa *et al.*, 2013).

Las cabras en estro forman grupos sexualmente activos que se dedican a la monta de hembras con hembras que pueden servir como señales visuales para atraer a los machos cabríos a distancia. Para diferenciar la atractividad de la proceptividad se considera que en la atractividad se incluyan solo los estímulos no conductuales (Fabre- Nys y Galez 2007; Haulenbeek, 2009).

La receptividad, incluye todos los comportamientos que facilitan la cópula, mediante un ritual précopulatorio (no sólo está restringido a la aceptación de la monta, seguido de la monta y cópula). Una hembra sexualmente receptiva asume una postura para facilitar la intromisión y eyaculación dentro de la vagina conocida como inmovilidad activa. La receptividad se puede medir por el número de montas o intentos de monta que la hembra está dispuesta a recibir de un macho (Beach, 1976; Fabre-Nys y Gelez, 2007; Haulenbeek, 2009).

Metodologías empleadas para el estudio de la relación entre el comportamiento sexual, la calidad y funcionalidad espermática en los machos caprinos

La evaluación de la fertilidad o el potencial de fertilidad de un macho es una parte importante para elegir a un animal que va a ser destinado como semental (Colebrander *et al.*, 2003; Rahman *et al.*, 2008). La fertilidad puede ser evaluada por varios métodos, el primero y más eficiente es la de permitir que el macho

fertilice a la(s) hembra(s) de forma natural y determinar el número de hembras gestantes. Este método es el mejor y más aceptado, pero requiere de un mayor tiempo para su evaluación (Blockey y Willkins, 1984; Cameron y Keogh, 1984).

Las otras metodologías que se emplean para evaluar la fertilidad de una manera indirecta consisten en la evaluación del semen en la cual se valora, el volumen, consistencia, olor, color, concentración, morfología espermática, motilidad masal, porcentaje de motilidad progresiva y el porcentaje de células vivas; incluyendo una serie de pruebas *in vitro* que induzcan la capacitación y la reacción acrosomal de manera artificial, lo que podría ofrecer un panorama de la capacidad de fertilización de los espermatozoides de ese macho (Evans y Maxwell, 1987; Rodríguez – Martínez, 2003; Holt, 2009; Edmondson *et al.*, 2012). Por otro lado, también existe el método de la fertilización *in vitro* homóloga (ovocitos de la misma especie) o heteróloga (ovocitos de otra especie), que también podrían proporcionar resultados en determinar si el semen de este macho es apto o no para la reproducción (Cox *et al.*, 1994; Clulow *et al.*, 2010).

Evaluación de la calidad seminal

La evaluación del semen es una medida indirecta de la capacidad reproductiva del macho (más importante en casos de machos infecundos), el semen es un fluido generado por el macho que contiene a los gametos masculinos (espermatozoides). Este se deposita en la vagina de la hembra durante la cópula o puede ser colectado por medios artificiales para su examen, almacenaje o para emplearlo en la inseminación artificial (Evans y Maxwell, 1987).

El semen está compuesto por dos fracciones conocidas como plasma seminal y la parte celular compuesta por los espermatozoides (Evans y Maxwell, 1987). El examen cuidadoso del semen posee gran importancia se pueden detectar problemas de infertilidad, patologías de testículos y de las glándulas accesorias (Hafez, 2002).

La obtención del semen por vagina artificial representa un método útil en el cual el semen se obtiene limpio y representativo de la eyaculación normal, en esta técnica se requiere de una hembra para que el semental monte y un adiestramiento previo del semental (Bearden y Fuquay, 1982 citado por Avalos, 2008).

La técnica de la vagina artificial consiste en simular las condiciones fisiológicas de la vagina de la hembra, en este caso de la cabra. Estas condiciones son; una temperatura de 40° C a 42°C y una presión interna que varía de acuerdo a las necesidades de cada macho (Evans y Maxwell, 1987; Edmondson *et al.*, 2012).

El equipo necesario para llevar a cabo la recolección de semen por medio de la vagina artificial es:

La vagina artificial la cual está construida por un tubo de plástico rígido con 15 cm de largo y 5.5 cm de diámetro, para el caso de los caprinos. En la parte interna se coloca un revestimiento de hule látex que cubra todo el interior del tubo y salga 5 cm más para doblarlo por la parte externa del mismo y asegurándolo bien con ligas de plástico para evitar fugas de agua. Sobre el cuerpo de la vagina se localiza una válvula, por medio de la cual se introduce el agua caliente y posteriormente, por aquí mismo se infla con aire hasta obtener la presión adecuada para ser utilizada en la colecta del semen (Evans y Maxwell, 1987; Mocé y Graham, 2008; Edmondson *et al.*, 2012).

El tubo colector, el cual es un tubo de vidrio para centrífuga graduado de 10 ml y se conecta al extremo más angosto del cono colector, el cual está conectado por la parte más amplia a un extremo de la vagina. Por último, para mantener una temperatura óptima toda la vagina se introduce en una funda protectora que cubre la vagina, el cono y el tubo colector, cuya función es proteger de las condiciones ambientales adversas al semen obtenido (Evans y Maxwell, 1987; Mocé y Graham, 2008; Edmondson *et al.*, 2012).

Evaluación general del semen del macho caprino

La evaluación del semen del macho caprino se divide en dos, el análisis macroscópico y el microscópico.

Análisis macroscópico

Color y olor

El color es uno de los primeros factores macroscópicos que se evalúan después de la colecta. Este análisis regularmente se lleva a cabo en el tubo colector y en el caso del macho caprino es de un color blanco grisáceo a un tono amarillento, que puede variar entre machos y en diferentes eyaculados del mismo animal (Evans y Maxwell, 1987; Mocé y Graham, 2008; Edmondson *et al.*, 2012). La presencia de sangre en la muestra se detecta por un tono rosado y generalmente se asocia a un daño en el pene durante la colecta. Tonos grises y cafés pueden indicar contaminación del eyaculado o alguna posible infección del tracto reproductivo. Por último, la posible presencia de orina se detecta por un olor y color característico (Evans y Maxwell, 1987; Edmondson *et al.*, 2012).

Volumen

Otro de los parámetros macroscópicos que se evalúan es el volumen del eyaculado que se mide directamente en el tubo colector, en donde el volumen promedio en el macho caprino es de 1.0 ml (Evans y Maxwell, 1987; Mocé y Graham, 2008; Edmondson *et al.*, 2012).

Consistencia

Por último, se analiza la consistencia del semen y aquí se emplean los parámetros reportados por Evans y Maxwell (1987), que se presenta en la cuadro 1, en donde también se reporta una concentración aproximada de espermatozoides por mililitro de eyaculado.

Cuadro 1. Concentración espermática de acuerdo a la consistencia del semen de machos caprinos

Escala	Consistencia	# de espermatozoides (x 10 ⁹) por ml	# de espermatozoides (x 10 ⁹) por ml
		Media	Rango
5	Muy cremoso	5.0	4.5 – 6.0
4	Cremoso	4.0	3.5 -4.5
3	Ligeramente cremoso	3.0	2.5 -3.5
2	Lechoso	2.0	1.0 -2.5
1	Opaco	0.7	0.3 -1.0
0	Transparente	Insignificante	

(Adaptado de Evans y Maxwell, 1987)

Análisis microscópico

Motilidad masal

La motilidad masal es el movimiento característico en forma de olas y / o remolinos en una muestra de semen fresco (recién colectada), la cual se observa en un microscopio óptico con el objetivo de 40X. La metodología consiste en depositar una gota del eyaculado sin diluir en un portaobjetos, previamente calentado a 37° C y sin cubreobjetos. La estimación de la motilidad espermática se basa en el vigor del movimiento de las olas y/o remolinos observados o en el caso contrario la ausencia de este movimiento. En base a este movimiento de olas y/o remolinos se desarrolló una escala que de acuerdo al vigor del mismo se le asigna un valor que va del 0 al 5, (Evans y Maxwell, 1987). Cuadro 2

Motilidad progresiva

La motilidad progresiva es la capacidad del espermatozoide de desplazarse de un lugar a otro en forma lineal y esta característica se puede medir en un microscopio óptico con el objetivo de 10X (Evans y Maxwell, 1987; Edmondson *et al.*, 2012).

Cuadro 2. Escala del movimiento masal de los espermatozoides del macho caprino

Escala	Calidad	Descripción
5	Muy bueno	Denso, movimientos rápidos de las olas y o remolinos No se observan células espermáticas solas. Más del 90 % de los espermatozoides están activos.
4	Bueno	Movimientos vigorosos, pero el número de olas y remolinos no son rápidos. El 85-70 % de los espermatozoides están activos
3	Regular	Movimiento lento de remolinos y olas. Se observan células espermáticas solas. El 45 -65 % de los espermatozoides están activos
2	Pobre	No se observan movimientos en olas pero se observan espermatozoides moviéndose. Solo del 20 – 40% de las células espermáticas están vivas pero su motilidad es pobre
1	Muy pobre	Pocos espermatozoides alrededor del 10% muestran signos de vida, con movimientos débiles
0	Muerto	Los espermatozoides no se mueven

(Adaptado de Evans y Maxwell, 1987)

Concentración espermática

La determinación de la concentración espermática puede llevarse a cabo por diferentes métodos, dentro de los cuales se encuentran el hematocitómetro, colorímetro, el contador de partículas, espectrofotometría de luz visible o fluorescente y por medio de citometría (Evans y Maxwell, 1987; Cox *et al.*, 2006; Mocé y Graham, 2008; Martí, *et al.*, 2011; Edmondson *et al.*, 2012).

El método consiste en realizar una dilución 1:200 (v/v) del semen colectado en una solución salina con formaldehído al 3%, para inmovilizar a los espermatozoides y posteriormente colocar 10 μ l de esta mezcla en ambos lados del hematocitómetro y se deja sedimentar en la cámara, para posteriormente obtener un promedio (Evans y Maxwell, 1987)

Anormalidades espermáticas

Las anomalías morfológicas de los espermatozoides se clasifican de acuerdo a la región que está alterada, las anomalías primarias son las que se presentan durante la formación del espermatozoide, o sea durante la espermatogénesis y las anomalías secundarias se les consideran a las que ocurren durante la maduración del espermatozoide que se lleva a cabo por su paso por el epidídimo y también posterior a la eyaculación (Evans y Maxwell, 1987; Peña–Martínez, 2004; Edmondson *et al.*, 2012).

La evaluación de estas anomalías se realiza por medio de la preparación de un frotis empleando la tinción de eosina – nigrosina. El frotis se prepara depositando una gota del semen diluido 1: 200 (v/v) en una solución salina fisiológica con una temperatura de 33° C y una gota de la tinción en un extremo del portaobjetos mezclándose ambas gotas y se extiende en una capa delgada para secarse al aire rápidamente. A continuación, el frotis que se preparó se observa al microscopio óptico con el objetivo de 40X, realizando el conteo de por lo menos 200 espermatozoides, expresando el resultado en porcentaje de anomalías primarias y secundarias (Evans y Maxwell, 1987; Peña – Martínez, 2004; Silvia y Gadella, 2006).

Determinación de la viabilidad espermática

La viabilidad espermática es considerada como la capacidad funcional del espermatozoide y puede ser evaluada por diferentes metodologías. Esta viabilidad se determina por el empleo de tinciones no fluorescentes, las cuales permiten identificar que espermatozoides están vivos o muertos (Peña- Martínez, 2004; Silva y Gadella, 2006).

Tinciones no fluorescentes

La determinación de la viabilidad en semen fresco por medio de una tinción no fluorescente, es por medio del uso del colorante eosina – nigrosina, el cual se prepara de acuerdo con la fórmula reportada por Evans y Maxwell (1987). La técnica consiste en la preparación de un frotis como se describió para la evaluación de anomalías y se procede al conteo de 200 células espermáticas, identificando a los espermatozoides muertos, los cuales se tiñen de color rosado y los vivos quienes no se tiñen. Los resultados se expresan en porcentajes de viabilidad (González, 2016).

Descripción de los diferentes métodos para medir la conducta sexual

La manifestación de la conducta sexual en los machos es otro factor que se debe considerar al momento de elegir que ese animal va a ser seleccionado como posible semental. Es decir, podría tenerse el caso de un macho al cual se le evaluó su calidad seminal y es excelente, pero si no desarrolla plenamente su conducta sexual, la transmisión de sus genes y su fertilidad podrían verse comprometidas (Fabre- Nys, 2000; 2010; Hull, 2010).

La evaluación de la conducta sexual en los machos caprinos se puede llevar a cabo por diferentes métodos, por ejemplo las pruebas de capacidad de servicio (monta), la prueba de preferencia o elección de compañeros en laberinto “Y” o en el corral rectangular y la evaluación de la conducta sexual (Blokey y Willkins, 1984; Haulenbeeck y Katz, 2006; Katz, 2008; Mendoza, 2010).

La aplicación de diferentes metodologías que permitan tener una evaluación integral que relacionen la fertilidad y la conducta sexual en los machos caprinos podrían influir en la toma de decisiones para determinar que cumpla o no con los requisitos mínimos para ser considerado un buen semental (González, 2016).

A través del tiempo se han desarrollado una serie de pruebas o exámenes para medir la conducta sexual de los machos y por lo menos existen cuatro metodologías reportadas hasta el momento (González, 2016).

Prueba para la evaluación de la capacidad de servicio

La capacidad de servicio se define como la frecuencia de servicios (montas) con eyaculación durante una situación de apareamiento en un periodo de tiempo

determinado, que normalmente varía de 15 minutos a 60 minutos (Blockey y Wilkins, 1984; Ahmad y Noakes, 1996; Katz, 2007; 2008).

La prueba consiste en introducir a un macho caprino en un corral con una o varias hembras sexualmente activas (en estro) por un periodo de 15 minutos. Durante este tiempo se registran las frecuencias de las eyaculaciones y la latencia entre las mismas (Imwalle y Katz, 2004).

Prueba de preferencia de laberinto en "Y"

La prueba de laberinto en "Y" se diseñó principalmente para evaluar la preferencia del macho caprino por un tipo de compañera (Katz, 2008). Esta prueba consiste en introducir a un macho caprino en un corral de prueba en forma "Y". En donde el animal a evaluar se introduce en el punto de inicio, en cada esquina de la "Y" se introduce una hembra sexualmente activa (estro) y en la otra se coloca una hembra sexualmente no activa (sin estro), estas hembras se cambian de lugar terminando la prueba alterándose cuando se utiliza un macho diferente (Katz, 2008).

Esta prueba se divide en dos partes, el estímulo de proximidad (EP) y el ensayo discreto del paradigma de preferencia (EDP). Para el estímulo de proximidad (EP) el macho es liberado del punto de inicio y se le deja explorar el laberinto durante 30 minutos. El único parámetro que se mide es el tiempo de permanencia con cada una de las hembras, es decir, el tiempo que se queda con la hembra en estro y la hembra sexualmente inactiva (Katz, 2008).

La prueba de ensayo discreto del paradigma de preferencia (EDP), el macho a evaluar se introduce al punto de inicio, se libera y se le dan dos minutos para que explore las dos opciones en donde están colocadas las hembras, en estro y sin estro, aquí se registra cuál de las dos opciones escogió. Posteriormente, este mismo macho se regresa al punto de inicio y se libera, impidiéndole el acceso a la hembra que previamente eligió en la primera parte de esta prueba, dándole dos minutos para que llegue a la hembra que se encuentra aquí. El procedimiento se realiza con seis ensayos libres y cinco pruebas guiadas, en este ensayo se evalúa el porcentaje de preferencia (Katz, 2008).

La realización de estos dos ensayos son una herramienta para evaluar la motivación sexual de los machos caprinos (Katz, 2008).

La prueba de preferencia de una compañera en un corral rectangular se basa en la motivación sexual que tiene un macho caprino en elegir entre una hembra sexualmente activa y otra inactiva (Katz, 2008).

La prueba se lleva a cabo introduciendo a un macho en un corral de prueba con las siguientes dimensiones 10 x 4 m en cuyo interior se localizan dos corraletas en cada extremo del corral principal cuyas dimensiones son de 2 x 3 m y en estos se introducirá una hembra sexualmente activa y por el otro a una hembra inactiva (Katz, 2008).

El corral principal se divide en tres áreas experimentales, la neutra que se localiza en un área de 16 m² en la parte central y dos zonas denominadas, zona incentiva, que se localiza a 1.2 m frente a la corraleta en donde se introducen las hembras previamente descritas (Katz, 2008).

El o los machos caprinos que se someten a este tipo de pruebas se evalúan cada cuatro días, para evitar que se acostumbren al lugar y evitar el agotamiento de los animales. El procedimiento de ensayo es el siguiente, el macho caprino a examinar se introduce por la parte media del corral y durante 10 minutos que dura la prueba se registran los siguiente parámetros: el tiempo de permanencia en la zona neutral, la cantidad de visitas y el tiempo de permanencia en el área incentiva de cada hembra (Katz, 2008; Longpre y Katz, 2011). Una vez que el macho completa cinco pruebas, se aplica una prueba de rendimiento sexual que tiene una duración de cinco minutos y el procedimiento es el que se describe a continuación. La evaluación consiste en liberar al macho que cumplió las condiciones anteriores con dos hembras, una sexualmente activa y la otra sexualmente inactiva, de manera simultánea en el corral de prueba que se utilizó anteriormente y los parámetros que se toman son la latencia a la primera monta y eyaculación, y la cantidad total de las mismas (Katz, 2008).

Prueba de la evaluación de la conducta sexual en machos caprinos

La cuarta y última metodología para evaluar la conducta sexual en machos caprinos, registra las conductas apetitivas y consumatorias durante el tiempo que dura la prueba y que se describe a continuación.

Para realizar la prueba de la conducta sexual del macho caprino se utiliza un corral de prueba modificado al reportado por Mendoza (2010). El cual está construido con paneles de metal y tiene una dimensión de 5 x 4 m y una corraleta de 2 x 1 m El área correspondiente a los 20 m² se le domina área de interacción y aquí se introducen dos hembras sexualmente activas. Estas hembras se introducen 20 minutos antes de iniciar la prueba para que se adapten al corral. Para tener hembras sexualmente activas se emplea el tratamiento hormonal para inducción del estro con 0.6µg de Cipionato de estradiol, por hembra cada tercer día (Mendoza, 2010). Este tratamiento se realiza por lo menos una semana antes

de realizar las pruebas. La duración del ensayo es de 10 minutos y el procedimiento para llevarlo a cabo es el siguiente: el macho a evaluar se introduce en la corraleta de inicio a continuación se abre la puerta para que tenga acceso al área de interacción, a partir de este momento inicia el registro del tiempo y de los parámetros conductuales (González, 2016).

Es importante mencionar que las primera de las cuatro metodologías para evaluar la conducta sexual en machos caprinos solamente evalúa la fase consumatoria de la misma, en la segunda solo evalúa la preferencia de los machos por una hembra sexualmente activa o no y en la tercera también mide la preferencia de los machos aunque también realiza una prueba de capacidad de servicio, pero en ninguna de las tres metodologías se registran las conductas apetitivas del cortejo sexual en los machos caprinos. Por lo anterior, la metodología aplicada por Mendoza (2010) y González (2016), son las más recomendadas para llevar a cabo la evaluación de la conducta sexual en machos caprinos.

Factores que afectan la conducta sexual y la calidad seminal

La productividad de los machos caprinos se ve afectada por la estacionalidad de la reproducción. En el macho, existe una disminución de la producción de semen cuantitativo y cualitativamente de espermatozoides fértiles durante la temporada no reproductiva. La calidad de semen en el ganado caprino varía en función de la raza, ubicación geográfica y época del año (Delgadillo *et al.*, 2009; Rota, *et al.*, 1992).

La estacionalidad reproductiva es controlada por el fotoperiodo se ha sugerido como el principal factor que influye en la estacionalidad de la reproducción de machos cabríos en latitudes altas. Sin embargo, otros estímulos ambientales, tales como la disponibilidad del alimento y las interacciones sociales, no se deben descartar como reguladores potenciales de la estacionalidad de la reproducción. La estacionalidad reproductiva se observa en algunas razas de ganado caprino procedentes o adaptadas a las condiciones subtropicales y es responsable de los cambios en las tasas de concepción en el año. En los hemisferios norte y sur los machos cabríos muestran cambios dramáticos en la secreción de testosterona, la libido, el tamaño testicular y la calidad y cantidad de la producción de espermatozoides (Delgadillo, 2004; Rota *et al.*, 1992).

La información detallada sobre el inicio de la pubertad y la maduración sexual son necesarias para un buen manejo reproductivo de los animales domésticos. La mayoría de las razas de cabras son estacionales, pero la edad de la pubertad en

machos difiere entre ellos según lo determinado por la primera aparición de los espermatozoides en el semen eyaculado (Nishimura, 2000).

Las cabras alcanzan la pubertad entre los 4 y 6 meses de edad y en estado silvestre serán montadas en este momento. En unidades de producción en estabulación el cruzamiento suele aplazarse hasta que la cabra cumpla de 10 a 14 meses de edad, cuando ha alcanzado aproximadamente el 66% del peso adulto (Galina y Valencia, 2009).

Temperatura; Las altas temperaturas ambientales pueden disminuir la libido, la producción espermática e incrementar las anormalidades de los espermatozoides. Estos efectos pueden ser más marcados en las razas trasferidas a los climas calientes y húmedos que en las razas locales (Delgadillo, 2004).

Nutrición; Es considerada como un factor importante que afecta la estacionalidad de las funciones reproductivas en machos cabríos. A menudo se piensa que la nutrición puede ser responsable de los patrones estacionales de reproducción. Sin embargo ya que los cambios en el fotoperiodo también se producen durante tiempos de escasa nutrición es posible que la temporada y la nutrición tengan efectos complejos sobre la actividad reproductiva (Zarazaga, 2009).

Estrés; Aunque no hay datos experimentales disponibles, el estrés es mencionado con frecuencia en la cabra. El desplazamiento a un lugar no familiar y la exposición a los animales extraños se señalan como perturbadores de la ciclicidad. El efecto específico en el comportamiento permanece, sin embargo, sin demostrarse (Fabre- Nys, 2000).

Medio ambiente social; Las relaciones entre machos y hembras tiene un papel importante en el inicio y el mantenimiento de la actividad sexual. En animales alojados en grupos unisexuales, un incremento en el tiempo para eyacular y/o una completa inhibición de la libido pueden ser observados en algunos machos. Estos efectos negativos pueden ser evitados o disminuidos si los machos son puestos en grupos unisexuales a temprana edad (algunos días después del nacimiento), o si algunas hembras son incluidas cuando los machos son reunidos después de cuatro meses de edad (una hembra por cinco machos) (Delgadillo, 2004).

La edad; puede afectar el comportamiento sexual de los machos la mayoría de las veces presenta efectos confundidos con otros factores. La fertilidad puede verse modificada con una diferencia hasta del 20% entre machos jóvenes (1.5 años) y machos adultos (2.5 años o más) (Winfield y Kilgour, 1977; Chang y Evans, 1979 citado por Trejo, 1990).

Finalmente la conducta sexual y la calidad seminal son importantes ya que darán la pauta para poder seleccionar a un macho como semental y así tener una

producción de hembras fértiles con gestación terminal y poder seguir teniendo ejemplares para obtener leche, carne, piel y subproductos que beneficie al productor de cabras. Existe la posibilidad también que se tengan machos que presenten una buena calidad seminal pero que no presentan mucha actividad sexual y esto se podría traducir en menor cantidad de cabras servidas.

Objetivos:

Objetivo general

El objetivo general del presente trabajo es estudiar el comportamiento sexual y la calidad del semen recolectado en vagina artificial en machos caprinos adultos.

Objetivo particular

1. Determinar la calidad seminal de cada macho.
2. Determinar el comportamiento sexual de cada macho.

Materiales y métodos

Recolección de semen por medio de vagina artificial en seis machos cabríos y su comportamiento sexual.

Lugar de estudio

El presente trabajo se realizó en el Módulo de Caprinos del Centro de Enseñanza Agropecuaria y en el Laboratorio de Reproducción y Comportamiento Animal de la Unidad de Investigación Multidisciplinaria (UIM) de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. La cual está localizada geográficamente a 19°, 39, 19° 45' Norte y 99°, 88', 99° 45' Oeste a 2250 msnm (García, 1973).

Animales

Se utilizó un grupo de 6 machos adultos con un promedio de edad de 18 a 20 meses con un peso aproximado de 50 kilos, estos estaban alojados en un corral de 20 m² aproximadamente, techados, con agua y alimento *ad libitum* con alfalfa fresca, y concentrado con 14 % P. C. Se utilizaron tres hembras con estro inducido con cipionato de estradiol (ECP de laboratorios Zoetis®) a una dosis de 0.7 mg por hembra cada tercer día por vía intramuscular.

Procedimientos

La motivación sexual se midió durante la recolecta de semen en vagina artificial en una zona adecuada para esto en la cual se encontraba el potro de recolección. La prueba tuvo una duración de 5 minutos (300 segundos) y se llevó a cabo en los meses de octubre y noviembre de 2015, que se considera dentro de la estación reproductiva para esta especie en el país. Los días que se realizó esta recolecta de semen fueron los lunes, miércoles y viernes y se obtuvieron 10 muestras de cada macho. El procedimiento para llevarlo a cabo es el siguiente: El macho a evaluar se introdujo en el área de interacción, a partir de este momento inicia el registro de tiempo de los siguientes parámetros conductuales precopulatorios; frecuencia de olfateos, lengüeteos, manoteos, flehmen, automarraje y conductas eliminativas y de las siguiente conductas copulatorias; intentos de monta y montas verdaderas con eyaculación en la vagina artificial.

El procedimiento para la obtención del semen consistió en introducir a una de las hembras sexualmente activa que se encuentra en un potro de sujeción, cuya finalidad es facilitar la colecta evitando la huida de la misma. Una vez colocada en su lugar, la persona que va a realizar la colecta se pone en posición de hincado a una lado de la hembra y se procede a traer al macho al cual se le va obtener la muestra de semen. El colector en una mano sostendrá la vagina artificial y con la otra mano dirigirá el pene hacia la misma para obtener la muestra en el tubo

colector (Evans y Maxwell, 1987, Edmondson *et al.*, 2012). Una vez obtenida la muestra se procederá para su evaluación. Se sabe que el macho eyaculó por su comportamiento de golpe de riñón y que ocurre en segundos.

Los parámetros conductuales evaluados fueron los siguientes:

- Latencia de reacción: es el tiempo en segundos hasta que el macho monta y eyacula por primera vez.
- Frecuencia de olfateos: es el número de veces que el macho olfatea la región ano genital y otras partes del cuerpo de una hembra.
- Frecuencia de lengüeteos: es el número de ocasiones que el macho lame a o a las hembras en cualquier parte del cuerpo.
- Frecuencia de manoteos: es el número de veces que el macho toca a la(s) con cualquiera de sus patas anteriores.
- Flehmen: número de ocasiones en donde el macho presenta la elevación del labio superior característica de esta conducta.
- Frecuencia de automarraje: el número de ocasiones en donde el macho orina sobre su cara y barba.
- Frecuencia de intentos de monta: número de ocasiones en donde el macho trata de montar a la hembra pero no lo logra.
- Frecuencia de montas verdaderas: número de veces en donde el macho monta, penetra y eyacula en la vagina artificial, observándose el golpe de riñón característico de ésta conducta.
- Frecuencia de montas falsas: número de ocasiones en donde el macho logra montar a la hembra, penetra la vagina artificial pero no eyacula.
- Frecuencia de balidos: número de vocalizaciones de tono alto (boca abierta) y vocalizaciones con frecuencia baja (boca cerrada).

Las conductas anteriormente descritas se registraron en un formato impreso durante el tiempo que duró la prueba, con la finalidad de llevar un registro cronológico de los eventos.

Recolección del semen en la vagina artificial

El semen que se recolectó en la vagina artificial a una temperatura entre 42 a 44 °C. En un área específica del módulo de caprinos se montó el laboratorio móvil de reproducción asistida para preparar el material que se utilizó para llevar a cabo la colección del semen y realizarle las pruebas macroscópicas y parte de las pruebas microscópicas, como son la motilidad masal y la motilidad progresiva. Posteriormente, se realizó un frotis con la tinción de eosina-nigrosina del semen diluido 1:200 con solución salina fisiológica para contabilizar las morfoanomalias, y vivos y muertos.

Las características del semen evaluadas fueron el volumen medido directamente del tubo colector así como el color del mismo. La motilidad masal medida de la siguiente manera; se puso una gota directa del tubo colector en un portaobjeto a una temperatura de 37° C. En esta prueba se observaron las olas y /o remolinos utilizando una escala de 0-3 y también medios números, siendo 3 un valor de onda o remolino excelente y 0 la falta de olas o remolinos. Se observó al microscopio óptico con el objetivo de 40X.

La motilidad progresiva se evaluó de la siguiente manera; con el semen diluido en suero salino fisiológico al 0.9% (1/100), se puso una gota de semen diluido en el portaobjeto previamente calentado en la platina a una temperatura de 37° C y se colocó en el cubre objeto y se observó al microscopio óptico con el objetivo de 10x, se le dio un porcentaje de 0 al 100.

La contabilización de espermatozoides vivos y muertos se realizó de la siguiente manera; para ver la diferencia entre los espermatozoides vivos y muertos se colorearon con eosina-nigrosina. Se tomó una parte del semen ya diluido, con una parte de la tinción. Se mezclaron en un porta objetos que también estaba en la platina a una temperatura de 37° C y se hizo el frotis. Éste se secó y posteriormente se observó al microscopio óptico con el objetivo de 40X. Se contaron los espermatozoides vivos (que no se tiñen) y los muertos que se tiñen de color rosa o rosa intenso. Para la morfología espermática se realizó con la misma laminilla. Se contaron las morfologías del orden primarias (formación del espermatozoide) y secundarias (maduración de los espermatozoides en el epidídimo).

Para esta evaluación se realizó una dilución 1: 200 v/v del semen con solución salina formolada, el conteo se realizó en cinco cuadros de la cámara de Neubauer.

Análisis estadístico

Los datos de las conductas y del semen se analizaron mediante estadística no paramétrica mediante la prueba de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney para las diferencias entre pares de machos (Siegel, 1979).

Resultados

En el presente estudio se observaron diferencias significativas entre los machos para las diferentes conductas y la calidad seminal cuando fueron evaluados en una prueba de recolección de semen con vagina artificial con una hembra en estro.

Conducta sexual

Conductas precopulatorias

En cuanto a estas conductas se pudieron observar diferencias significativas entre los machos evaluados. Hay un resultado significativamente diferente entre el macho número 6 en comparación con los otros machos, (15.3 ± 1.4 ; 9.8 ± 1.0 ; 12.3 ± 4.6 ; 10.1 ± 1.8 ; 7.2 ± 1.0 ; 24.7 ± 4 , para el macho 1, 2, 3, 4, 5, 6 respectivamente; $P < 0.05$, Prueba de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney). Los resultados se pueden observar en la figura 2.

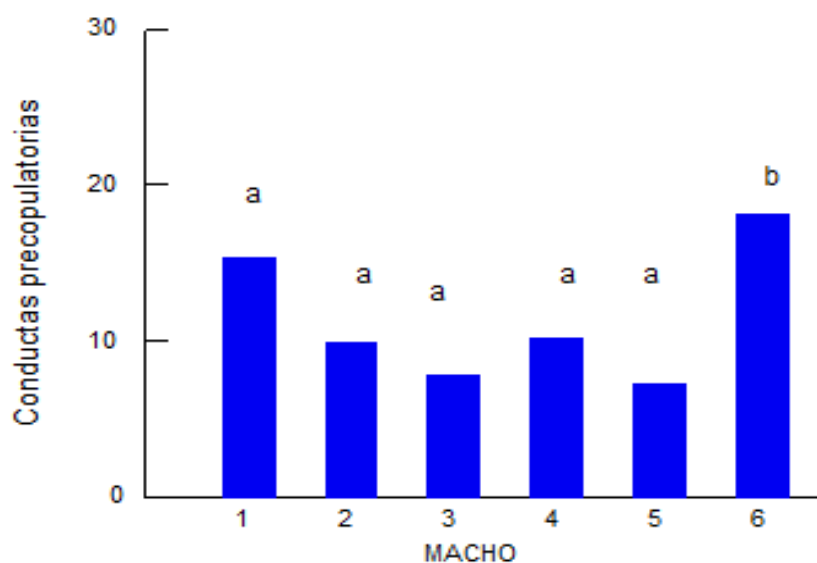


Figura 2. Frecuencia de conductas precopulatorias en seis machos caprinos adultos. Literales diferentes representan diferencias entre los machos ($P < 0.05$) Prueba de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney.

Conductas de cópula

Cópulas falsas

En los resultados para la frecuencia de cópulas falsas se pudo observar que los machos 3 y 6 son similares y el macho 5 es diferente del resto de los otros (0.4 ± 0.1 ; 1.2 ± 0.3 ; 2.2 ± 0.6 ; 0.7 ± 0.3 ; 0.2 ± 0.2 ; 2.7 ± 0.7 , para los machos en orden ascendente, $P < 0.05$, Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney). Figura 3

Cópulas verdaderas

Los resultados para la frecuencia de cópulas verdaderas mostraron que el macho con el número 5 es diferente de los otros (1.0 ± 0 ; 1.0 ± 0 ; 0.9 ± 0.1 ; 0.7 ± 0.1 ; 0.0 ± 0 ; 0.9 ± 0.6 , para el macho 1, 2, 3, 4, 5 y 6, respectivamente, $P < 0.05$, Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney). Figura 3

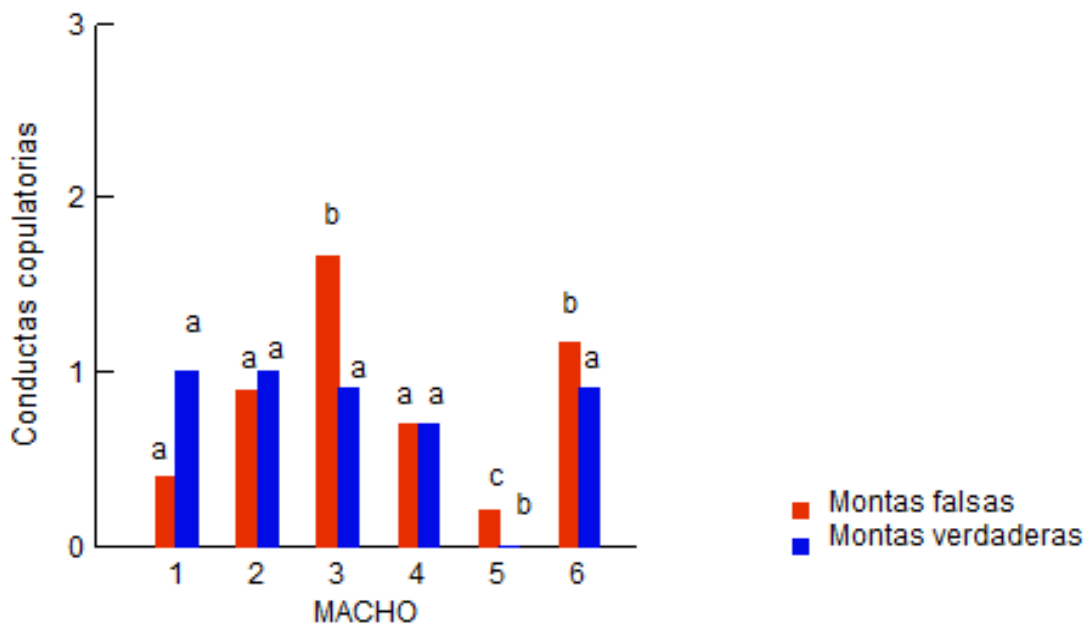


Figura 3. Conductas copulatorias en 6 machos caprinos adultos. Diferentes literales representan diferencias entre los machos ($P < 0.05$). Prueba de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney

Latencia de cópula

Los resultados que nos presenta esta grafica indican que los machos con los números 1, 2 y 4 son iguales entre sí y este último también es igual al macho 6. Mientras que el macho 3 es el que presentó un menor tiempo en copular en comparación con los otros machos. Por otro lado, el macho 5 presentó la latencia más grande durante la prueba (109.0 ± 12.1 ; 91.9 ± 10.7 ; 51.0 ± 10.6 ; 76.3 ± 23.6 ; 0.0 ± 0 ; 191.0 ± 28.6 , en el mismo orden que las otras variables, 0.05, Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney). Figura, 4

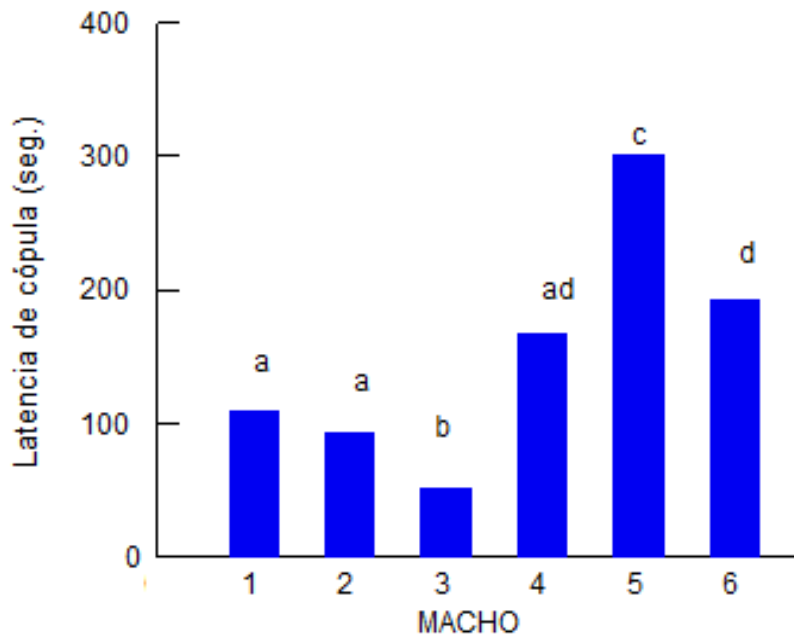


Figura 4. Latencia de copula, medida en 5 minutos en una prueba de comportamiento sexual en 6 machos caprinos adultos ($P < 0.05$). Prueba de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney.

Calidad seminal

Volumen

En cuanto al volumen de eyaculado de los diferentes machos evaluados se observó que el 1, 2, y 3 dieron resultados similares entre sí. El macho con el número 4 fue diferente a los anteriores pero similar en volumen al macho 6. El macho 5 no eyaculó. El macho 6 es igual a todos los otros machos (1.0 ± 0.1 ; 0.9 ± 0.1 ; 0.8 ± 1.2 ; 0.3 ± 0.1 ; 0.0 ; 0.6 ± 0.1 , $P < 0.001$, Kruskal-Wallis, U de Mann-Whitney; para el orden numérico de los machos). Figura 5

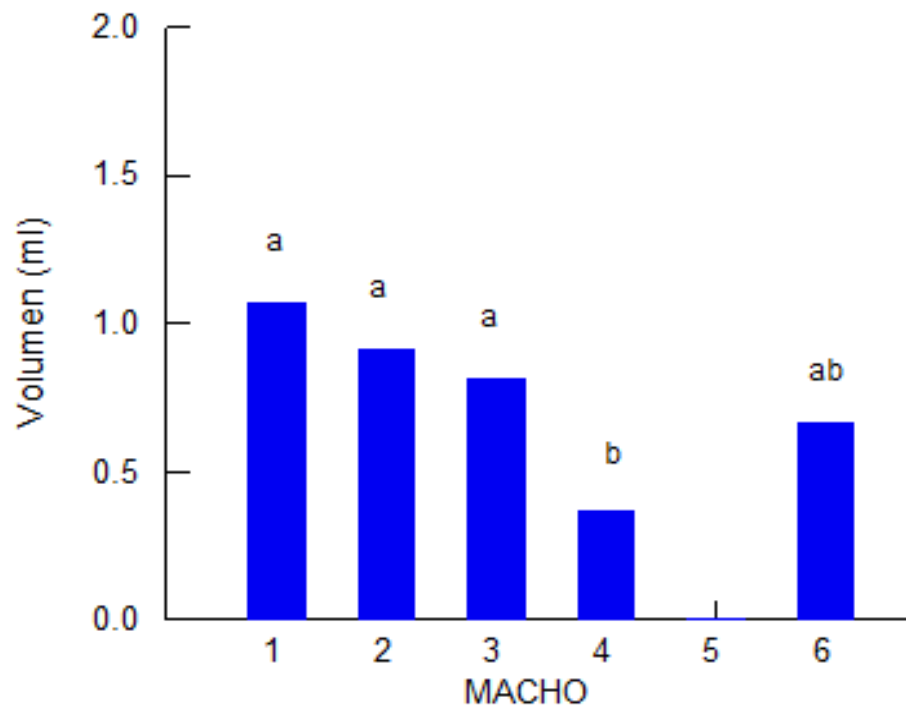


Figura 5. Volumen en ml del semen obtenido por vagina artificial en 6 machos caprinos adultos. $P < 0.05$. Prueba de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney.

Motilidad Masal

Los resultados para la motilidad masal no fueron significativamente diferentes entre los machos. Con excepción del macho 5 que fue diferente porque no eyaculó. Los resultados se pueden observar en la figura 6.

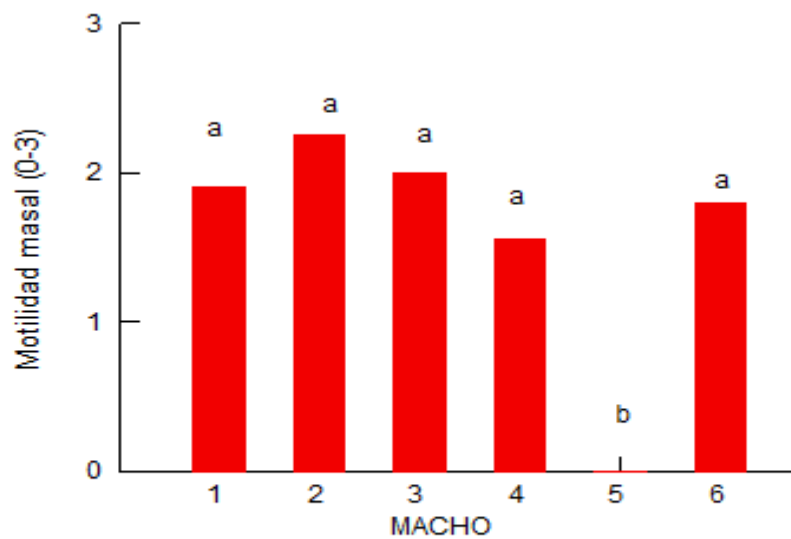


Figura 6. Motilidad masal (escala de calificación 0-3) del semen obtenido por medio de la vagina artificial en 6 machos caprinos. Diferentes literales representan diferencias significativas entre los machos. Prueba de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney $P < 0.05$.

Motilidad progresiva

Los resultados observados para esta característica fueron los siguientes. Los machos con los números 1, 2, 3, y 6 no fueron significativamente diferentes, mientras que el macho 4 tuvo significativamente una menor motilidad progresiva (menos de 80%) que el resto de los otros machos ($P < 0.001$, prueba de Kruskal-Wallis en el orden numérico de los machos). Figura 7

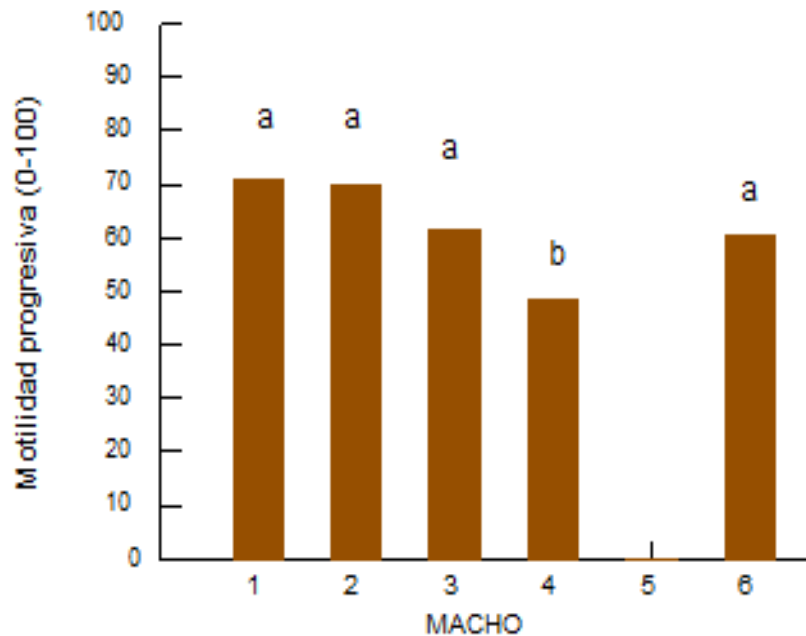


Figura 7. Motilidad progresiva (0 a 100 %9 del semen obtenido por vagina artificial en 6 machos caprinos adultos. $P < 0.05$, prueba de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney.

Concentración espermática

En cuanto a esta característica se puede observar que los machos 1, 2, 4 y 6 tuvieron una concentración espermática similar. Pero el macho, con el número 3 es diferente de los otros (5112.0 ± 481.0 , 614.0 ± 881.2 ; 4822.0 ± 610.7 ; 5906 ± 1773.0 ; 0 ; 6353.0 ± 1006.2 , en el orden numérico presentado para los machos $P < 0.05$, Kruskal-Wallis; U de Mann-Whitney). Figura 8

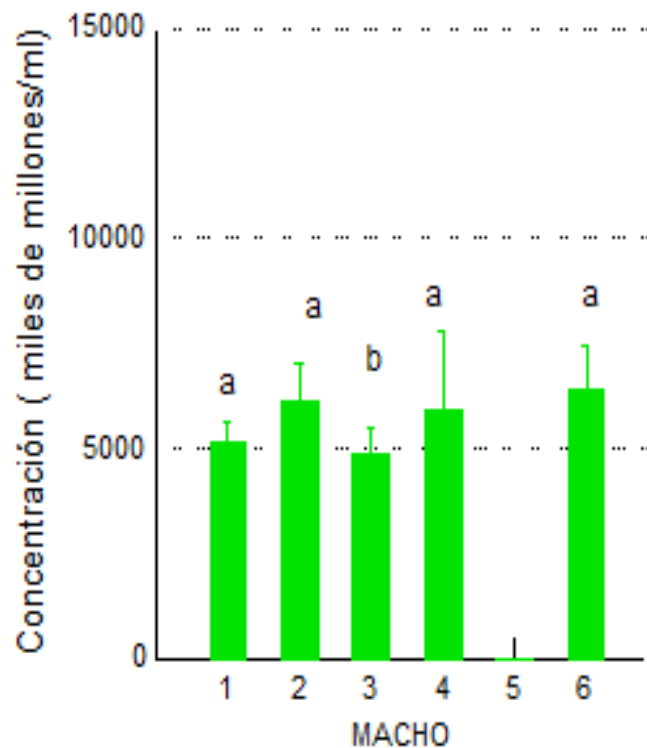


Figura 8. Concentración espermática en millones de espermatozoides del semen obtenido en vagina artificial en 6 machos caprinos adultos. $P < 0.05$, prueba de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney.

Espermatozoides vivos y muertos

Los resultados observados para los espermatozoides vivos de los eyaculados de los machos con los números 1, 2, 3 y 6 nos indican resultados similares. Pero en cambio, el macho 4 difiere de los anteriores pero es similar al 6, (81.3 ± 3.1 ; 81.3 ± 1.5 ; 77.1 ± 8.6 , 52.0 ± 14.2 ; 0 ± 0 ; 70.2 ± 8.6 , en orden progresivo para los machos, $P < 0.05$, Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney). Con respecto a los resultados para los espermatozoides muertos, los machos con los números 1, 2, 3, y 6 se comportaron de una forma similar, y el macho con el número 4 fue diferente porque presentó una menor cantidad de espermatozoides muertos (18.7 ± 3.1 ; 18.7 ± 1.5 ; 12.9 ± 1.9 ; 8 ± 2.8 ; 0 ± 0 ; 19.8 ± 4.3 , $P < 0.01$, Kruskal-Wallis; U de Mann-Whitney para ambas variables). Figura 9

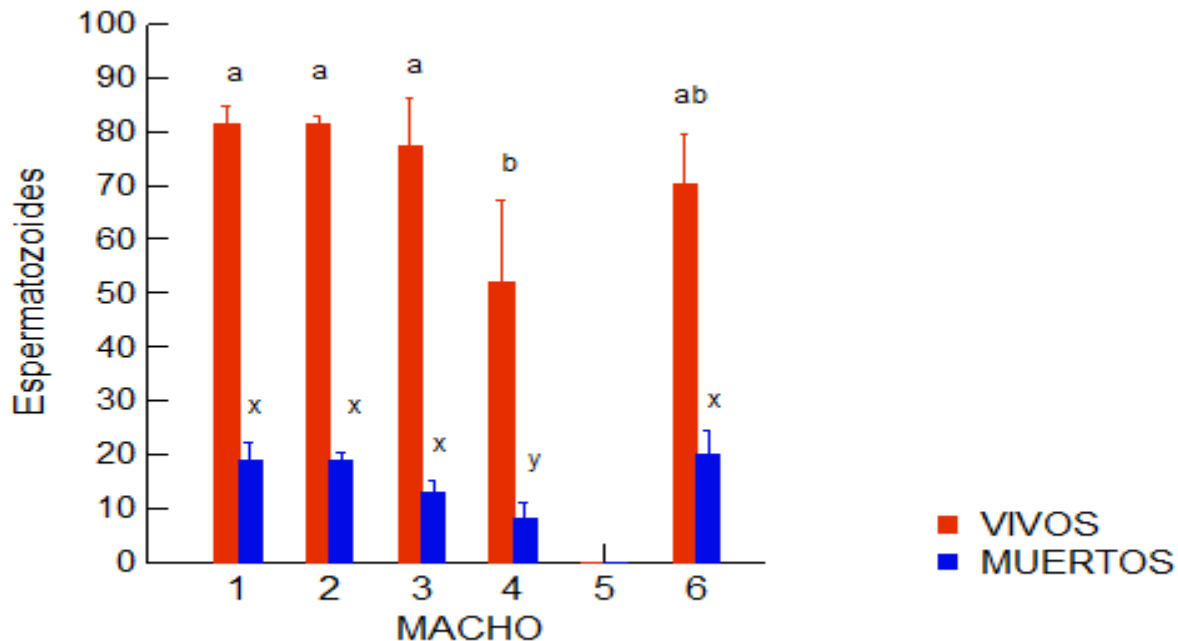


Figura 9. Porcentaje de espermatozoides vivos y muertos de semen obtenido por vagina artificial en 6 machos caprinos adultos. $P < 0.05$ en ambos casos. Prueba U de Mann-Whitney.

Morfoanomalias espermáticas

Espermatozoides normales

Los resultados obtenidos para los espermatozoides normales son los siguientes; los machos con los números 1, 2 y 3 resultaron similares. Aunque, el macho con el número 4 fue diferente de los anteriores y similar al macho 6. (81.3 ± 2.1 ; 86.9 ± 0.9 ; 75.8 ± 8.5 ; 26.9 ± 7.5 ; 0 ± 0 ; 75.2 ± 8.5 , $P < 0.04$, Kruskal-Wallis; U de Mann-Whitney). Figura 10

Espermatozoides anormales

En los resultados de anomalías primarias se obtuvo que los machos con los números 1, 2, 3 y 6 presentaron resultados similares, pero el macho número 4 presentó diferencias con los anteriores (4 ± 1.2 ; 2.8 ± 0.7 ; 3.5 ± 1.2 ; 16.2 ± 5.8 ; 0 ± 0 ; 2.0 ± 0.5). Con respecto a las anomalías secundarias, los machos con los números 1, 2, 3 y 6 todos fueron similares, a diferencia con el macho número 4. En estos resultados se observa que el macho con el número 4 es el que presenta espermatozoides con mala calidad (12.9 ± 1.5 ; 10.2 ± 1.1 ; 10.7 ± 1.7 ; 16.9 ± 5.8 ; 0 ± 0 ; 12.8 ± 2.2 , $P < 0.05$, Kruskal-Wallis; U de Mann-Whitney, para ambos tipos de anomalías). Figura, 10

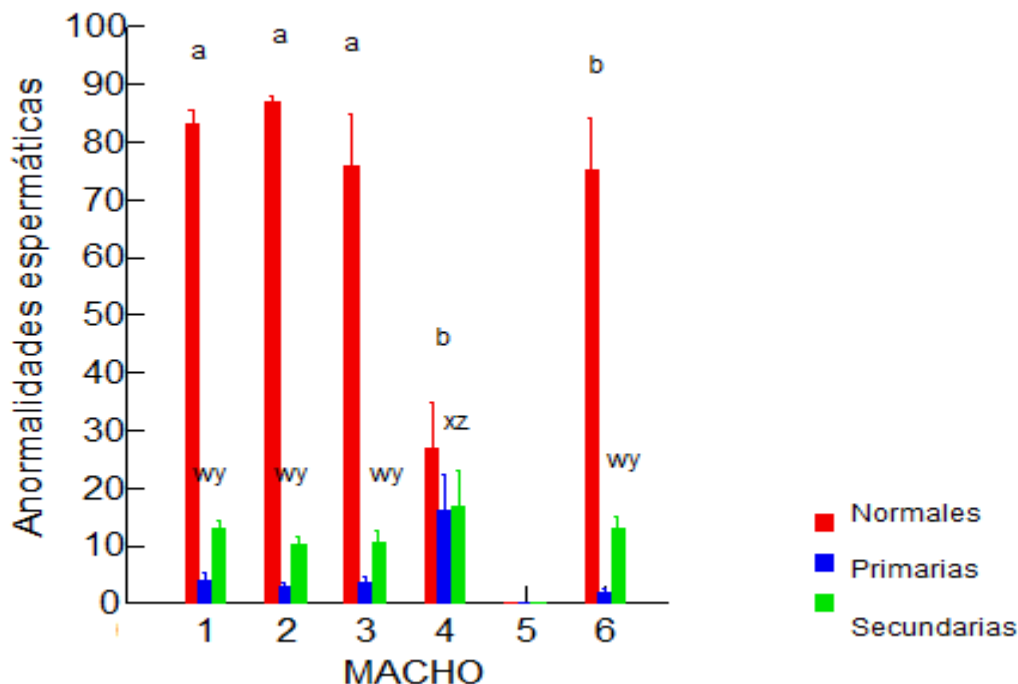


Figura 10. Morfoanomalías de espermatozoides de semen obtenido por vagina artificial en 6 machos caprinos adultos.

Discusión

En cuanto a la frecuencia de las conductas precopulatorias observadas, los machos estudiados en este trabajo se comportaron de una forma similar. La excepción fue el macho 6 que realizó con mayor frecuencia esta conducta, lo que puede sugerir una mayor motivación sexual. Estos resultados pueden deberse a que los machos ya eran adultos y sus patrones de conducta sexual ya están bien establecidos. Además como el estudio se llevó a cabo en los meses de octubre y noviembre se considera que estaban dentro de la estación reproductiva para esta especie en el país.

Las conductas sexuales apetitivas ya se han estudiado en otros trabajos, como el de Mendoza, (2010) en machos jóvenes así como, Serrano y Hernández (2012) con machos caprinos adultos. Donde los resultados fueron muy semejantes para las conductas precopulatorias. Ayala *et al.* (2015) realizaron un estudio similar con los machos utilizados en este estudio, pero cuando estos eran jóvenes y los resultados que obtuvieron fueron diferentes a los nuestros. Por ejemplo, en nuestro trabajo los machos fueron muy similares entre sí para estas conductas y en el de estos autores, las frecuencias de las conductas precopulatorias fueron diferentes entre todos los machos. Esto es posible por la edad de los machos y la época del año en que se hizo el trabajo. Sin embargo, el macho con el número 5, al igual que en nuestro trabajo presentó una frecuencia disminuida de las conductas precopulatorias.

En cuanto a la conducta de cópula, tanto los intentos por copular, así como las cópulas con eyaculación, en general fueron similares para todos los machos, sin embargo, el macho 5 presentó una frecuencia baja y no copuló en ninguna ocasión durante el presente estudio. Los resultados para este macho son similares a lo reportado por Ayala *et al.* (2015).

En cuanto a las características seminales de este trabajo se encontraron similitudes entre los machos estudiados con excepción del macho 4 que presentó una mala calidad seminal y el macho 5 que no eyaculó en la vagina artificial. Estos resultados concuerdan con lo reportado con Katz *et al.*, (2007) y Espinosa *et al.*, (2013) que mencionan que además de los machos infértiles, también existen machos subfértiles y de baja libido dentro de un rebaño que no siempre son detectados y que pueden estar comprometiendo la fertilidad total de los rebaños si se utilizan como sementales. Serrano y Hernández en el (2012), también encontraron resultados similares para los machos con pobre calidad seminal.

En cuanto a la motivación sexual, la mayoría de los machos expresaron una motivación o una conducta sexual buena, sin embargo y al igual que en los estudios de Mendoza, (2010) y Serrano y Hernández, (2012) se pudieron detectar los machos con pobre motivación sexual. El hecho de incluir las conductas precopulatorias y copulatorias aportó evidencias para excluir a machos con pobre motivación sexual como fue el caso del macho 5. Pero sumado a este comportamiento la evaluación de la calidad seminal permitió detectar y posiblemente descartar otro macho (el número 4) por su pobre calidad seminal, así como descartarlo como donador de semen, en un programa de inseminación artificial.

Conclusiones

El comportamiento sexual por sí solo puede ayudar a descartar machos de baja motivación sexual o que no la presente.

La calidad seminal por otra parte permite considerar otros machos como buenos o malos reproductores además del comportamiento sexual.

La evaluación tanto de la conducta sexual y la calidad seminal en forma conjunta permite predecir si un macho tiene una capacidad reproductiva sobresaliente o muy pobre o si es un macho que puede servir como productor de semen en programas de inseminación artificial. Por otro lado pruebas de este tipo nos permiten decidir el destino reproductivo de un macho.

Bibliografía Consultada

Ahmad, N., y Noakes, 1996. Sexual maturity in British breeds of goat kids. *Br.Vet.J.* 152: 93-103.

Ayala P. K. G; González Díaz, F. R.; Cano Suárez, P.C; IbarraTrujillo, R.; Olazábal, Fenochio A; y Soto, González, R. 2015. Estudio del desarrollo de la conducta sexual en machos caprinos jóvenes. XXVIII Reunión Nacional Sobre Caprinocultura. Huajolotlán, Oaxaca. México.

Ayala P.K.G y Paredes A.M. 2013. Metodologías para el estudio de la etología *In Situ* Revisión Bibliográfica Tesis, Facultad de Estudios Superiores. Cuautitlán. UNAM.

Beach, A., 1976, "Sexual attractivity, proceptivity and receptivity in female mammals", en *Horm Behav* 7: 105-138.

Bearden J., y Fuquay, W. 1992. Reproducción animal aplicada. Ed. El manual moderno S.A de C.V; 1° edición. México.

Blockey M.A., y Wilkins J.F., 1984. Field application of the ram serving capacity test. En: *Reproduction in sheep*. Lindsay, D.R., Pearce, D.T. (Editores), Australian Academy of Science and Australian Wool Corporation. 53-58.

Cameron, A.W.N., y Keogh, E.J., 1984. Semen quality, quantity and flock fertility. Lindsay, D.T. (Editores). Australian Academy of Science and Australian Wool Corporation. 79-85.

Colenbrander, B., Gadella, B. M., y Stout, T.A.E., 2003. The predictive value of semen analysis in the evaluation of stallion fertility. *Reprod. Dom. Anim.*38, 305-311.

Coté, S. y M, Fiesta – Bianched, 2001." Reproductive success in female mountain goats: The influence of age and social rank" en *Anim. Behav* 62. 173-181.

Cox, J.F., Catalán, A., Saravia, F., Avila, J., y Santa María, A., 1994. In vitro fertilization of cattle and sheep follicular oocytes by goat spermatozoa. *Small Rum.Res.*15, 55-58.

Cox, J. F., Alfaro, V., Montenegro, V., y Rodríguez- Martínez, H., 2006. Computer-assisted analysis of sperm motion in goats and its relationship with sperm migration in cervical mucus. *Theriogenology*, 66, 860- 867.

Clulow, J.R., Evans, G., Maxwell, W.M.C., Morris, y L.H.A., 2010. Evaluation of the function of fresh and frozen- thawed sex- sorted and non- sorted stallion

spermatozoa using a heterologous oocyte binding assay. *Reprod. Fertil. Dev.* 22, 710-717.

Craig, J.V. 1981. *Domestic animal behavior: Causes and implications for animal care and management.* Prentice-Hall Inc., New Jersey, USA.

Delgadillo, J. A; Fitz-Rodríguez, G., Duarte, G., Véliz, F.G., Flores, J.A., Vielma, J., Hernández, H y Malpoux, B. 2004. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reprod. Fertil. Dev.*:16 (4): 471-8.

Delgadillo, J.A., Vielma, J., Flores, J.A., Veliz, F.G., Duarte, G. y Hernández, H. 2008. La calidad del estímulo emitido por el macho determina la respuesta de las cabras sometidas al efecto macho. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* 9: 39-45.

Delgadillo, J. A, Gelez, H., Ungetferd., Hawken, P.A y Martin, Graeme, M. 2009. "The male effect in sheep and goats. Revisiting the dogmas", en *Behav Brain Res*: 200: 304-314.

Edmondson, M.A., Roberts, J.F., Baird, A.N., Bychawski, S. y Pugh, D. G., 2012. Chapter 8: Theriogenology of sheep and goats. En: *Sheep and Goat Medicine. Second Edition.* Pugh, D.G. y Baird, A.N., Eds. Saunders, Philadelphia, U.S-A.

Espinosa, R., Córdova L. y Soto R. 2013 Comportamiento sexual en ovinos y caprinos. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente.*13: 25, 100-112.

Evans, G. y Maxwell, W.M.C., 1987. *Salomon's Artificial Insemination of Sheep and Goats.* Butterworths, Pty Limited.

Fabre-Nys, C, 2000. Le comportement sexual des caprins: controle hormonal et facteurs sociaux. INRA. *Production – Animal.* Pp. 11-13.

Fabre-Nys, C. y Gelez, H., 2007. Sexual behavior in ewes and other domestic ruminants. *Horm.Beh.* 52: 18-25.

Fabre-Nys, C., 2010: "Mating Behavior" en: Koob. F.M. Le Moal y R. Thompson (eds). *Encyclopedia of Behavioral Neuroscience,* Pp 178- 185. Academic Press, Oxford

Fowler DG, 1984. Reproductive behaviour of rams. En: *Reproduction in sheep.* Lindsay, D. R. y Pearce, D.T. Review. Australian Academic of Science. Australia. Pp 39-47.

- Galina, C y Valencia, J. 2009. Reproducción Animal. Ed Limusa. México. 589pp.
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de clasificación climática de Koppen Para adaptarlo a las condiciones de la República mexicana UNAM pp137.
- Gonyou, W., 1991. "Behavioral methods to answer questions about sheep" en J. Anim Sci 69: 4155-4160
- González, D.F.R; 2016. Conducta Sexual en el macho y como medirla. Curso Producción Caprina 2016 F. E. S Cuautitlán UNAM, México.
- Hafez, E.S.E. y B. Hafez, 2002. Reproducción e Inseminación Artificial en Animales Ed McGraw - Hills Interamericana, Séptima edición Pp 375 - 385.
- Harrison, R A P., 1997. Sperm plasma membrane characteristics and boar semen fertility. Control of Pig Reproduction V Journal of reproduction and fertility Suppl pp 52, 195-211.
- Hart, B.L. y Jones, T.C.A.C., 1975. Effects of castration on sexual behavior of tropical male goats. Horm. Behav; 6, 247- 258.
- Haulenbeek. A., 2009. Partner preference and sexual performance in male goat, capra hircus, Tesis de doctorado. The State University of New Jersey, Nueva Jersey. USA.
- Haulenbeek, A.M. y Katz, L.S., 2006. Partner preference in male goats to measure sexual motivation. Society for behavioral neuroendocrinology. Pittsburgh, PA, USA.
- Hull, E.M., 2010. Male Sexual Behavior. En: Encyclopedia of Behavioral Neuroscience. Koob, G.F., Le Moal, M. y Thompson, R.F. Eds. Elsevier, Academic Press. Londres, Inglaterra. Vol.3: 154-162.
- Imwalle, D.B. y Katz, L.S., 2004. Development of sexual behavior over several serving capacity tests in male goats. Applied Animal Behaviour Science. 89 - 315-319.
- Katz, L.S., 2007. Sexual behavior of domesticated ruminants. *Horm. Behav* . 52: 56-63.
- Katz, L.S., 2008. Variation in male sexual behavior. *Animal Reproduction Science*. 105: 64- 71.
- Kilgour, J. 1985. "Marting behavior of rams in pens". Australian J Exp Agr 25: 298, 305.

Kridli, R.T., A.Y. Abdullah, B.S. Obeidat , R.I. Qudsieh , H.H. Titi y M.S. Awawdeh. 2007." Seasonal variation in sexual performance of awassi rams". *Animal Reproduction* 4 (1/2): 38-41.

Longpre, K.M. y Katz,L.S. 2011. Estrous female goats use testosterone-dependent cues to assess mates. *Horm.Behav.*59, 98-104.

Mair, R; 2005. *Comportamiento Animal: Un enfoque evolutivo y ecológico* Editorial McGraw-Hill Interamericana de España. 234-267.

Martí, J.I., Aparicio, I.M. y García Herreros, M., 2011. Head morphometric changes in cryopreserved ram spermatozoa are related to sexual maturity. *Theriogenology*. 75: 473-481.

Mendoza, C.N.K. 2010. Evaluación de la calidad seminal y conducta a la monta en machos caprinos jóvenes. Tesis Programa de Especialización en Producción de ovinos y caprinos FES Cuautitlán. UNAM. México.

Miranda de la Lama y C. S. Mattiello, 2010. "The importance of social behaviour for goat welfare in livestock farming". *Small Ruminant Res*; 90 (1-3):1-10.

Mocé, E. y Graham, J.K., 2008. In vitro evaluation of sperm quality. *Animal Reproduction Science*; 105: 104- 118.

McTaggart, HS, 1971. Observation of the behavior of an island community of feral goat. *British Veterinary Journal*. 127: 399-400.

Mysterud, A., 2000. "The relationship between ecological segregation and sexual body size dimorphism in large herbivores". *Oecologia* 124: 40- 54.

Nishimura, S., 2000. Tesis developments and puberty in the male Tokara (Japanese native) goat. Anim. Rep. Sc., 64: 127-131.

Peña, M.A.I., 2004. Canine fres and cryopreservet semen evaluation. *Animal Reproduction Science*; 82-83,209-224.

Rahman, A.N.M.A., Abdullah, R.B., Wan Khadija, W.E.2008. A review of reproductive biotechnologies and their application in goat. *Biotechnology* 7 (2), 371-384.

Rota,J., E. Martínez, M.A. Sánchez-Valverde, S. Ruiz y J.M. Vázquez.1992. Seasonal variations of semen quality in male goats: study of sperm abnormalities. *Theriogenology*, 38: 115-125.

Rodríguez-Martínez, H., 2003. Laboratory semen assessment and prediction of fertility; still utopia?. *Reprod.Dom. Anim.* 38: 321-318.

Rosa, H.J.D. y Juniper, D.T. 2000. "The effect of exposure to oestrous ewes on rams sexual behaviour, plasma testosterone concentration and ability to stimulate ovulation in seasonally anoestrous ewes", *Appl Anim Behav. Sci.* 67: 293 – 305.

Rosa, H.J. y M.J. Bryant, 2003. The "ram effect" as a way of modifying the reproductive activity in the ewe. *Small Ruminant Research.* 45: 1-16.

Roselli, E. y F. Stormshak, 2010, "The Ovine Sexually Dimorphic Nucleus, Aromatase, and Sexual Partner Preferences in Sheep", en *J Steroid Biochem Mol Biol* 28: 118(4-5); 252-256.

Ruckstuhl, R. y P. Neuhaus, 2001. "Sexual segregation in ungulates: a comparative test of three hypotheses". *Biol. Rev* 77: 77- 96.

Santiago- Moreno, J. 2007. Social dominance and breeding activity in Spanish ibex (*Capra pyrenaica*) maintained in captivity. *Reproduction, Fertility and Development* 19: 436 – 442.

Serrano V. N. y Hernández, S. K. 2012. Evaluación reproductiva de machos caprinos adultos mediante la conducta sexual y la calidad seminal. Tesis FES Cuautitlán UNAM pp 3 -9.

Siegel S., 1991. Estadística No Paramétrica Aplicada a las Ciencias de la Conducta Ed Trillas. México.

Sébe, F., Duboscq, J., Aubin, T., Ligout, S. y Poindron, P. 2010. Early vocal recognition of mother by lambs: contribution of low – and high – frequency vocalization. *Anim. Behav.*, 79, 1055- 1066.

Silva, P.F.N. y Gadella, B.M, 2006. Detection of damage in mammalian sperm cells. *Theriogenology*, 65: 958-978.

Trjo, G.A.A. 1993. Variación estacional de la libido y calidad de semen en cinco razas ovinas en el Estado de México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Zarazaga, L.A., 2009. Effects of season and feeding level on reproductive activity and semen quality in Payoya buck goats. *Theriogenology*, 71: 1316-1325.