

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



El sistema de producción semiextensivo reduce el comportamiento sexual y la producción espermática cuantitativa en los machos cabríos de la Comarca Lagunera

Por:

FERNANDO ANTONIO RAMOS ROBLES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Octubre, 2021

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

El sistema de producción semiextensivo reduce el comportamiento sexual y la producción espermática cuantitativa en los machos cabríos de la Comarca Lagunera

Por:

FERNANDO ANTONIO RAMOS ROBLES

TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA


Aprobada por:


Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez
Presidente


Dra. Luz María Tejada Ugarte
Vocal


Dr. Manuel de Jesús Flores Nájera
Vocal


Dr. Horacio Hernández Hernández
Vocal Suplente


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

Torreón, Coahuila, México

Octubre 2021



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

El sistema de producción semiextensivo reduce el comportamiento sexual y la producción espermática cuantitativa en los machos cabríos de la Comarca Lagunera

Por:


FERNANDO ANTONIO RAMOS ROBLES

TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:


MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez
Asesor Principal


Dra. Luz María Tejada Ugarte
Coasesor


Dr. Manuel de Jesús Flores Nájera
Coasesor


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

Torreón, Coahuila, México

Octubre 2021



AGRADECIMIENTOS

A toda mi familia que me brindó su apoyo incondicional para poder lograr esta meta tan importante en mi vida profesional.

A mi tía Sabina Ramos Robles y mi tío Rodolfo Ramos Robles por brindarme su cariño, sus consejos, y su apoyo económico, ¡muchas gracias!

A mi madre por darme la oportunidad de existir en este mundo tan maravilloso.

A mi Alma Terra Mater, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme dado la oportunidad de forjarme en esta gran institución.

A Don Antonio Narro Rodríguez por su labor filantrópica para que fuera posible la creación de esta institución que nos ha permitido a mí y a muchas generaciones más, la oportunidad de realizarnos como profesionistas y de esta forma contribuir al desarrollo de nuestra patria.

A mis profesores que compartieron sus conocimientos y su experiencia profesional conmigo durante todos estos años.

Al Doctor José Alberto Delgadillo Sánchez por aceptar ser mi asesor principal durante la realización de mi tesis, por compartir su amistad, conocimientos y sobre todo su paciencia y reconocer el arduo esfuerzo que ha realizado para que este trabajo sea posible.

A todo nuestro equipo de trabajo que estuvo al pendiente durante el tiempo que duró el experimento. Doctora Luz María Tejada, MVZ Omar Uriel García Cruz y a todos los que estuvimos involucrados, donde el ambiente de trabajo de campo y laboratorio fue siempre grato, eficiente y responsable.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado especialmente a mi tía Sabina Ramos Robles y a mi tío Rodolfo Ramos Robles; a mi tía Sabi, le aprecio infinitamente todo el tiempo que ha compartido conmigo, su paciencia, su bondad, nobleza y cariño que me ha tenido durante toda mi vida, así como sus consejos y motivación que me ha brindado siempre. A mi tío Rodo, por todo su apoyo que me ha hecho llegar, le estaré eternamente agradecido ya que sin su ayuda no hubiese sido posible concluir esta etapa tan importante de mi vida; confié en que muy pronto nos volveremos a ver y podremos recuperar tanto tiempo perdido. Los quiero muchísimo y siempre voy a estar para ustedes.

A mi esposa Soledad Santiago Hernández por compartir todos estos años de su existencia conmigo, por su apoyo moral, su paciencia y su espíritu de superación que ha mantenido siempre, pero sobre todo por ser mi compañera incondicional.

A mis hijos Branditon y Sebastián que los he visto crecer a la par con mi vida profesional, durante el cual el camino no ha sido fácil, pero me dan la motivación para soñar con un futuro mejor para ellos.

A mi entrañable amigo Omar Uriel Gracia Cruz por compartir tantos años de amistad, por tantas experiencias y dificultades que hemos pasado, siempre contarás con mi amistad.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar el comportamiento sexual y la producción espermática cuantitativa de los machos cabríos mantenidos en el sistema de producción semiextensivo en la Comarca Lagunera. En marzo, los machos se asignaron a dos grupos ($n = 5$ cada uno). El grupo control fue estabulado, aislado de las hembras y cada macho se alimentó diariamente con 2 kg de heno de alfalfa. El grupo experimental se incorporó a un rebaño caprino de 90 hembras que se encontraba en un sistema de producción semiextensivo, y que se alimentaban solamente de la flora nativa de los agostaderos. El rebaño salía a pastorear diariamente por 7 horas. A su regreso, los animales eran resguardados en un corral abierto con sombra, sin acceso a otro tipo de alimento. El estudio se realizó de marzo 2020 a febrero 2021, y durante este tiempo los machos del grupo experimental portaron un mandil para evitar el coito con las hembras. Los pesos vivos y diámetros testiculares se determinaron mensualmente. Los eyaculados se colectaron al final de cada mes en 4 ocasiones al inicio (mayo y junio), a la mitad (agosto y octubre) y al final (noviembre y diciembre) de la estación sexual. En cada colecta se obtuvieron 2 eyaculados seguidos de un día de descanso. El primer eyaculado de cada mes no se evaluó para evitar un posible efecto por la falta de eyaculación durante el mes. Los porcentajes de rechazos a la eyaculación se determinaron en cada sesión de colecta de los eyaculados. Los machos tenían 3 minutos para eyacular en una vagina artificial. Pasado este tiempo, si el macho no eyaculaba, se anotaba rechazo a la eyaculación. Todas las variables determinadas variaron significativamente durante el estudio ($P < 0.01$). Los pesos corporales de los machos del grupo control fueron superiores a los del grupo experimental de abril a junio y de agosto a febrero ($P < 0.05$). Los diámetros testiculares de los machos del grupo control fueron superiores a los del grupo experimental en abril y mayo, y de septiembre a diciembre ($P < 0.05$). Los porcentajes de rechazos a la eyaculación fueron superiores en el grupo experimental que en el grupo control durante todo el estudio ($P < 0.05$). El número total de espermatozoides por eyaculado de los machos control fue superior al de los machos experimentales en mayo, junio, noviembre y diciembre ($P < 0.05$). Se concluye que la actividad sexual y la producción espermática cuantitativa de los machos cabríos son inferiores en los

machos mantenidos en un sistema de producción semiextensivo, que en aquellos mantenidos en un sistema de producción intensivo.

Palabras clave: Caprinos, Estacionalidad sexual, Subnutrición, Libido, Sistema semiextensivo.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
RESUMEN.....	iii
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 Estacionalidad sexual de los machos cabríos locales de la comarca lagunera.....	2
2.2 El fotoperiodo sincroniza la estacionalidad sexual de los machos cabríos locales de la comarca lagunera.....	2
2.3 La subnutrición modifica la estacionalidad sexual de los machos cabríos.....	3
2.4 características del sistema de producción extensivo en la comarca lagunera.....	4
3. OBJETIVO.....	5
4. HIPÓTESIS.....	5
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
5.1 Descripción general del área de estudio.....	6
5.2 Descripción de los machos cabríos y del sistema de producción semiextensivo.....	6
5.3 Variables determinadas.....	7

5.3.1 Pesos vivos.....	7
5.3.2 Diámetros testiculares.....	7
5.3.3 Colecta de eyaculados y porcentajes de rechazos a la eyaculación.....	7
5.4.1 Volúmenes de los eyaculados.....	9
5.4.2 Concentración espermática.....	9
5.4.3 análisis estadístico.....	9
6. Resultados.....	10
6.1 Pesos corporales.....	10
6.2 Diámetros testiculares.....	11
6.3 Rechazos a la eyaculación.....	11
6.3.1 Volúmenes de los eyaculados.....	11
6.3.2 Concentraciones espermáticas de los eyaculados.....	11
6.3.3 Número total de espermatozoides por eyaculado.....	12
7. Discusión.....	13
8. Conclusión.....	14
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Pesos corporales (Promedio \pm Error Estándar del Promedio) de los machos cabríos mantenidos en estabulación (○) o en condiciones semiextensivas (●). Cada macho en estabulación se alimentó con 2 kg de heno de alfalfa. Los machos en condiciones semiextensivas se alimentaron solamente de la flora nativa de los agostaderos.

FIGURA 2. Diámetros testiculares (Promedio \pm Error Estándar del Promedio) de los machos cabríos mantenidos en estabulación (○) o en condiciones semiextensivas (●). Cada macho en estabulación se alimentó con 2 kg de heno de alfalfa. Los machos en condiciones semiextensivas se alimentaron solamente de la flora nativa de los agostaderos.

FIGURA 3. Rechazos a la eyaculación (%) de los machos cabríos mantenidos en estabulación (○) o en condiciones semiextensivas (●).

FIGURA 4. Variaciones de los volúmenes de los eyaculados (Promedio \pm Error estándar del Promedio) de los machos cabríos mantenidos en estabulación (○) o en condiciones semiextensivas (●).

FIGURA 5. Variaciones de las concentraciones en espermatozoides (Promedio \pm Error Estándar del Promedio) de los eyaculados de los machos cabríos mantenidos en estabulación (○) o en condiciones semiextensivas (●).

FIGURA 6. Variaciones del número total en espermatozoides (Promedio \pm Error Estándar del Promedio) de los eyaculados de los machos cabríos mantenidos en estabulación (○) o en condiciones semiextensivas (●).

INTRODUCCIÓN

En la Comarca Lagunera, la mayoría de los hatos caprinos se encuentran en un sistema de producción semiextensivo, en el cual las hembras y machos permanecen juntos todo el año. En este sistema, los animales se alimentan principalmente de la vegetación nativa de los agostaderos, y para ello, recorren diariamente de 5 a 8 kilómetros durante aproximadamente 8 horas. En la noche son alojados en corrales adyacentes al domicilio del productor. En la Comarca Lagunera, el crecimiento de la vegetación en los agostaderos depende de las lluvias, por lo que la disponibilidad del forraje disminuye drásticamente de noviembre a mayo, provocando una subnutrición de los machos cabríos durante la estación de reposo sexual e inicio de la estación sexual. Esta subnutrición podría disminuir la actividad sexual de los machos y, por consiguiente, su capacidad para fertilizar a las hembras. En este estudio, se determinó si el comportamiento sexual y la producción espermática cuantitativa de los machos cabríos mantenidos en el sistema de producción semiextensivo son diferentes a la de los machos mantenidos en un sistema de producción intensivo.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Estacionalidad sexual de los machos cabríos locales de la Comarca Lagunera

La actividad sexual de los machos cabríos locales de la Comarca Lagunera (26° norte), en el norte de México, presentan variaciones estacionales de su actividad endócrina y sexual. En estos machos, la estación sexual inicia en junio y termina en diciembre. En estos meses, se incrementan el peso testicular y las concentraciones plasmáticas de testosterona, lo que mejora el comportamiento sexual y la producción espermática cuantitativa (volumen, concentración y número total de espermatozoides por eyaculado; Delgadillo *et al.*, 1999). Por el contrario, el periodo de reposo sexual inicia en enero y termina en mayo. En estos meses, disminuyen los valores de las variables antes mencionadas (Delgadillo *et al.*, 1999). Estas variaciones estacionales de los machos cabríos de la Comarca Lagunera son similares a las descritas en los machos de otras razas de latitudes subtropicales como los cashmere en Australia y los Gabón en Uruguay (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Ungerfeld *et al.*, 2016)

El fotoperiodo sincroniza la estacionalidad sexual de los machos cabríos locales de la Comarca Lagunera

Las variaciones anuales del fotoperiodo sincronizan la estacionalidad reproductiva de los machos cabríos de la Comarca Lagunera. En efecto, en los machos expuestos artificialmente a 3 meses a días largos (14 horas de luz por día) seguidos 3 meses de días cortos (10 horas de luz por día) durante 2 años consecutivos, se modifica la estacionalidad observada en los machos expuestos a las variaciones naturales del fotoperiodo. En los machos expuestos al tratamiento fotoperiódico descrito, el peso testicular y las concentraciones plasmáticas de testosterona se incrementan durante los días cortos y disminuyen durante los días largos (Delgadillo *et al.*, 2004). La respuesta de los machos cabríos de la Comarca Lagunera son similares a la descrita en los machos cabríos Alpinos en Francia al ser sometidos a 2 meses de días largos seguidos de 2 meses de días cortos (Delgadillo *et al.*, 1991; Delgadillo y Chemineau,

1992). Estos resultados indican que el fotoperiodo es el principal factor que sincroniza la estacionalidad reproductiva de los machos cabríos. Sin embargo, la subnutrición puede modificar de manera importante esta estacionalidad.

La subnutrición modifica la estacionalidad sexual en los machos cabríos

El nivel de nutrición de los machos cabríos modifica de manera importante la estacionalidad sexual. Así, en los machos cabríos cashmere, la subalimentación reduce la duración de la estación sexual, la talla testicular y de las concentraciones plasmáticas de testosterona. Además, la intensidad de la libido y la producción espermática cuantitativa y cualitativa durante la estación sexual, son inferiores en los machos subalimentados que en los bien alimentados (Walkden-Brown *et al.*, 1994). De manera similar, en los machos de la Comarca Lagunera expuestos a días largos seguidos del fotoperiodo natural para estimular su actividad sexual durante el reposo, la circunferencia escrotal y la libido de los machos subalimentados son inferiores a los machos bien alimentados (Delgadillo *et al.*, 2020). Estos resultados indican que la subnutrición modifica de manera importante la estacionalidad sexual de los machos cabríos.

Características del sistema de producción extensivo en la Comarca Lagunera

La mayoría de los hatos caprinos (90%) en la Comarca Lagunera utilizan el sistema de producción semiextensivo, en el cual las hembras y machos permanecen juntos todo el año. En este sistema, los animales se alimentan principalmente de la vegetación de los agostaderos, y para ello, recorren diariamente de 5 a 8 km durante aproximadamente 8 horas. En la noche son alojados en corrales adyacentes al domicilio del productor (Andrade-Esparza *et al.*, 2018; Delgadillo *et al.*, 2020). En la Comarca Lagunera, la disponibilidad de la vegetación en los agostaderos depende de las lluvias, por lo que disminuye drásticamente de noviembre a mayo, provocando una subnutrición de los machos durante la estación de reposo sexual e inicio de la estación sexual (Delgadillo, 2011; Delgadillo y Martín, 2015). Por lo tanto, es probable que las

características del sistema de producción semiextensivo en la Comarca Lagunera modifiquen la duración de la estación sexual, la libido y la producción espermática cuantitativa de los machos cabríos.

Objetivo

Determinar si las características del sistema de producción semiextensivo en la Comarca Lagunera reduce el comportamiento sexual y la producción espermática cuantitativa en los machos cabríos.

Hipótesis

Las características del sistema de producción semiextensivo en la Comarca Lagunera reduce el comportamiento sexual y la producción espermática cuantitativa en los machos cabríos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción general del área de estudio

El estudio se realizó en la Comarca Lagunera (latitud, 26°23'N y longitud 104°47' O) del Estado de Coahuila. En esta región el fotoperiodo varía de 13 horas 41 minutos de luz en el solsticio de verano a 10 horas 19 minutos de luz en el solsticio de invierno. La Comarca Lagunera se caracteriza por poseer un clima seco con temperaturas promedio que varían de 37°C de mayo a agosto, a 6°C en diciembre y enero. La precipitación media anual es de 266 mm (rango: 163 a 504 mm), y la época de lluvias abarca de junio a octubre, por lo que la época de sequía ocurre de noviembre a mayo (Duarte *et al.*, 2008).

Descripción de los machos cabríos y del sistema de producción semiextensivo

En este estudio se utilizaron 10 machos cabríos adultos locales de la Comarca Lagunera que tenían entre 4 y 5 años de edad. En marzo del año 2020, los machos se asignaron a dos grupos de 5 animales cada uno, homogéneos en peso vivo y diámetro testicular. El grupo control fue estabulado y aislado de las hembras, y cada macho se alimentó diariamente con 2 kg de heno de alfalfa, sales minerales en block y agua a libre acceso (peso corporal: 72 ± 3 kg; diámetro testicular: 108 ± 2 cm; Promedio \pm Error Estándar del Promedio). El grupo experimental se incorporó a un rebaño caprino de 90 hembras que se encontraba en un sistema de producción semiextensivo, y que se alimentaban solamente de la flora nativa de los agostaderos (peso corporal: 70 ± 3 kg; diámetro testicular: 113 ± 2 cm). El rebaño salía a pastorear diariamente de las 10:00 a las 16:00 horas. A su regreso, los animales eran resguardados en un corral abierto (10 x 10 m) con sombra, donde contaban con agua a libre acceso y sales minerales en block, sin acceso a otro tipo de alimento. El estudio duró 12 meses, y se realizó de marzo a febrero, y durante este tiempo los machos del grupo experimental portaron un mandil para evitar el coito con las hembras que estuvieran en celo.

Variables determinadas

Peso vivo

El peso vivo se determinó mensualmente utilizando una báscula con una capacidad de 100 kg y una precisión de 1 kg. Los machos cabríos se pesaban en la mañana antes de que los animales fueran alimentados (sistema intensivo) o salieran al pastoreo (sistema semiextensivo).

Diámetros testiculares

Los diámetros testiculares se determinaron utilizando un calibrador milimétrico, midiendo el ancho mayor de ambos testículos.

Colecta de eyaculados y porcentajes de rechazos a la eyaculación

Antes de iniciar el experimento, los machos se entrenaron para que eyacularan dentro de una vagina artificial al exponerlos a una hembra inducida al estro (Ramírez *et al.*, 2019). Los machos tenían 3 minutos para eyacular, y si el macho no eyaculaba, se regresaba al corral y se anotaba como rechazo a la eyaculación (Delgadillo *et al.*, 1991).

El semen se colectó al final de cada mes en 4 ocasiones al inicio (mayo y junio), a la mitad (agosto y octubre) y al final (noviembre y diciembre) de la estación sexual. Se obtuvo un eyaculado por día durante dos días consecutivos, seguidos de un día de descanso. El primer eyaculado de cada mes, así como el porcentaje de rechazos a la eyaculación no se consideraron en los análisis del mes. Las muestras de semen eran recolectadas durante la mañana y la vagina artificial con la que se colectaba tenía una temperatura interna de 38°C. El eyaculado se depositó en tubos cónicos graduados en mililitros (Delgadillo *et al.*, 1999). Una vez obtenida la muestra de semen, ésta era protegida de los rayos del sol al colocarla en una bolsa termo protectora para ser transportada inmediatamente al laboratorio para ser analizada.

Volúmen del eyaculado (mL)

Los volúmenes de los eyaculados se determinaron por lectura directa de los tubos de colección.

Concentración espermática ($\times 10^9$ por mL)

Se tomaron 20 μ l del eyaculado y se diluyeron en 80 ml μ l de solución salina fisiológica. La alícuota se sometió a una agitación manual con el fin de homogenizarla. Posteriormente, se colocaron 20 μ l de dicha dilución en la microcubeta, y ésta en el espectrofotómetro (Spermacue-Minitub) que indicaba la concentración del eyaculado.

El número total de espermatozoides por eyaculado ($\times 10^9$)

El número total de espermatozoides se calculó multiplicando el volumen \times la concentración del eyaculado.

Análisis estadísticos

Los pesos corporales y los diámetros testiculares se sometieron a un análisis de varianza a dos factores, grupo y tiempo del experimento. Cuando existió interacción significativa entre grupo y tiempo, los valores se compararon con una prueba *t* de student. Los porcentajes de rechazos a la eyaculación se compararon con una prueba de Chi-cuadrada, donde el porcentaje total fue el número total de solicitudes a la ayaculación. Debido a que los datos del volumen y la concentración de espermatozoides del eyaculado, así como el número total de espermatozoides por eyaculado no tuvieron distribución normal, se compararon con la prueba *U* de Mann-Whitney. Los análisis estadísticos se hicieron utilizando con el programa SYSTAT 13 (2009).

RESULTADOS

Peso corporal

Los pesos corporales de los machos cabríos de los grupos control y experimental variaron durante el estudio ($P < 0.0001$). Asimismo, existió interacción entre el grupo de machos y el tiempo del estudio ($P < 0.01$). Los pesos corporales de los machos del grupo control fueron superiores a los del grupo experimental de abril a junio y de agosto a febrero ($P < 0.05$; Figura 1).

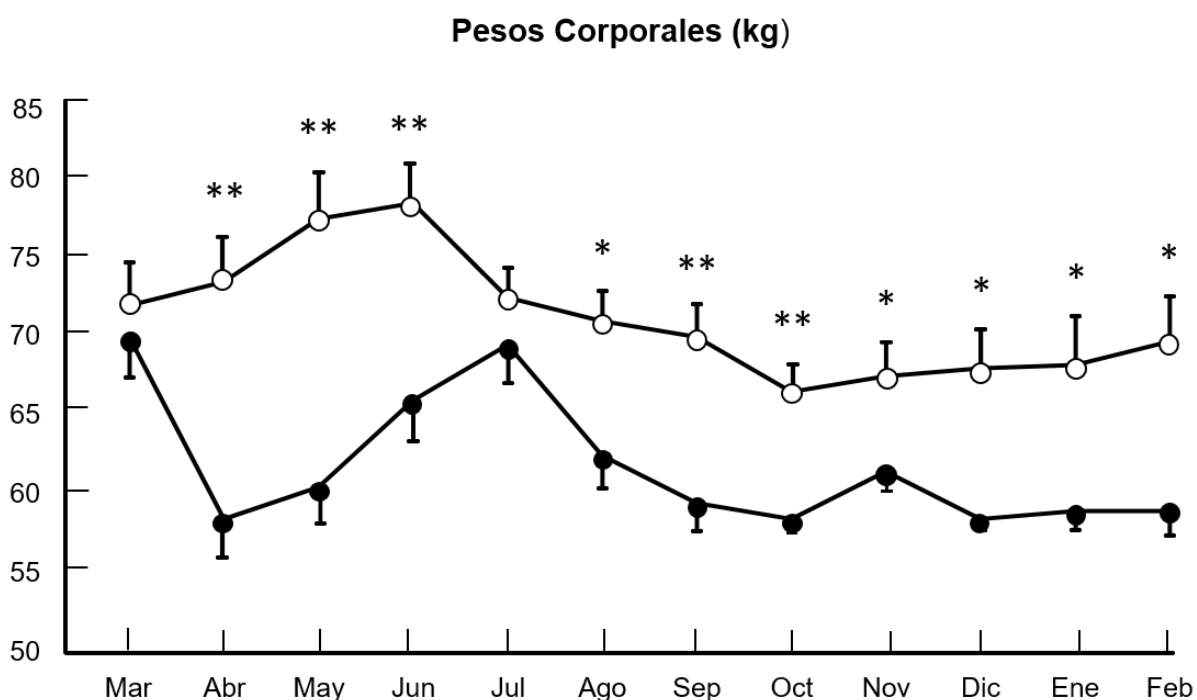


FIGURA 1. Pesos corporales (Promedio \pm Error Estándar del Promedio) de los machos cabríos mantenidos en estabulación (○) o en condiciones semiextensivas (●). Cada macho en estabulación se alimentó con 2 kg de heno de alfalfa. Los machos en condiciones semiextensivas se alimentaron solamente de la flora nativa de los agostaderos. * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

Diámetro testicular

Los diámetros testiculares de los machos cabríos de los grupos control y experimental variaron durante el estudio ($P < 0.0001$). Asimismo, existió interacción entre el grupo de machos y el tiempo del estudio ($P < 0.01$). Los diámetros testiculares de los machos del grupo control fueron superiores a los del grupo experimental en abril y mayo, y de septiembre a diciembre ($P < 0.05$; Figura 2).

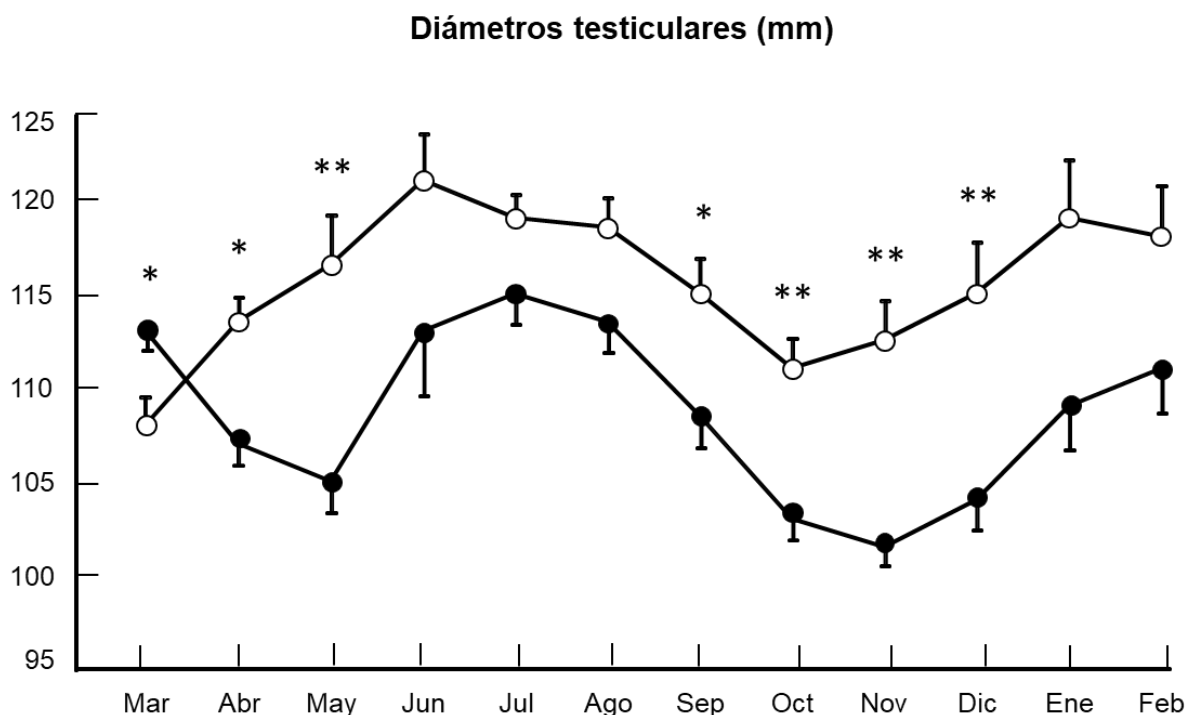


FIGURA 2. Diámetros testiculares (Promedio \pm Error Estándar del Promedio) de los machos cabríos mantenidos en estabulación (○) o en condiciones semiextensivas (●). Cada macho en estabulación se alimentó con 2 kg de heno de alfalfa. Los machos en condiciones semiextensivas se alimentaron solamente de la flora nativa de los agostaderos. * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

Rechazos a la eyaculación

Los porcentajes de rechazos a la eyaculación fueron superiores en los machos del grupo experimental que en el grupo control durante todo el estudio ($P < 0.05$; Figura 3). Además, los machos del grupo control eyacularon en todos los meses que fueron solicitados, mientras que los machos del grupo experimental no eyacularon en mayo y junio (Figura 3).

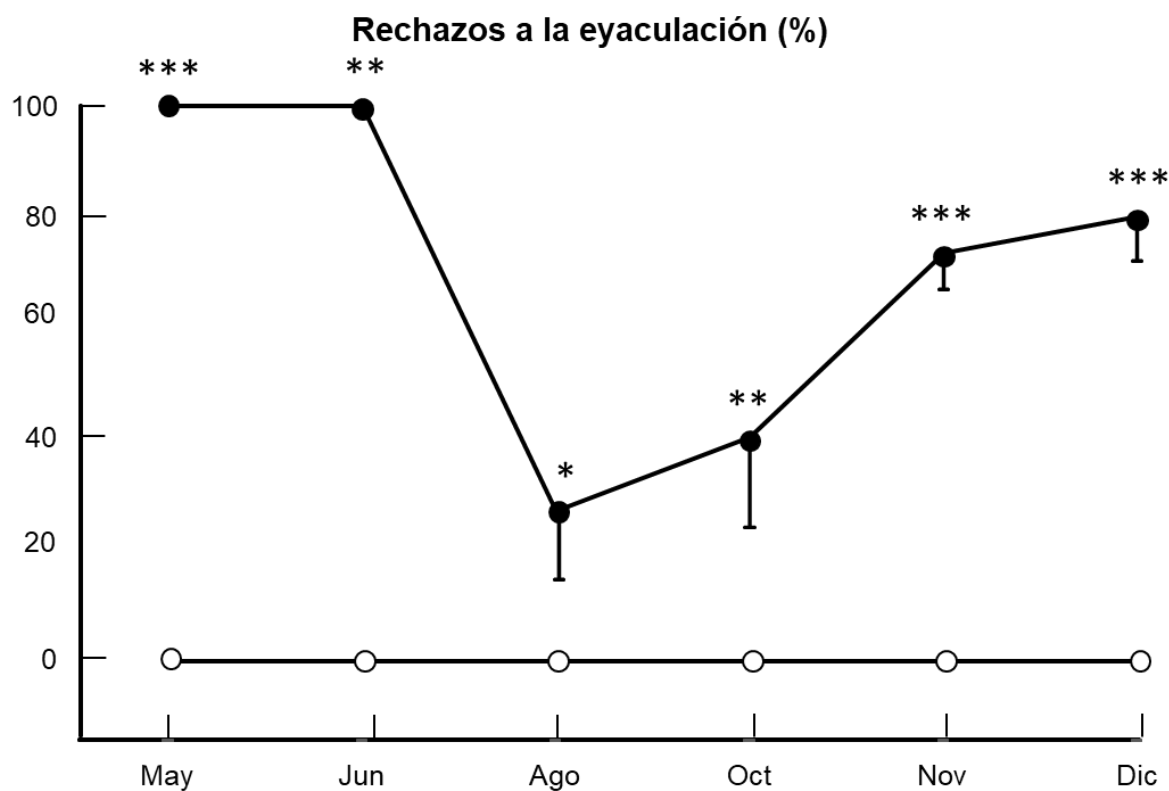


FIGURA 3. Rechazos a la eyaculación (%) de los machos cabríos mantenidos en estabulación (○) o en condiciones semiextensivas (●). Cada macho en estabulación se alimentó con 2 kg de heno de alfalfa. Los machos en condiciones semiextensivas se alimentaron solamente de la flora nativa de los agostaderos. * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$.

Volúmen del eyaculado

Los volúmenes de los eyaculados de los machos control fueron superiores a los de los machos experimentales en mayo, junio, octubre y diciembre ($P < 0.05$; Figura 4).

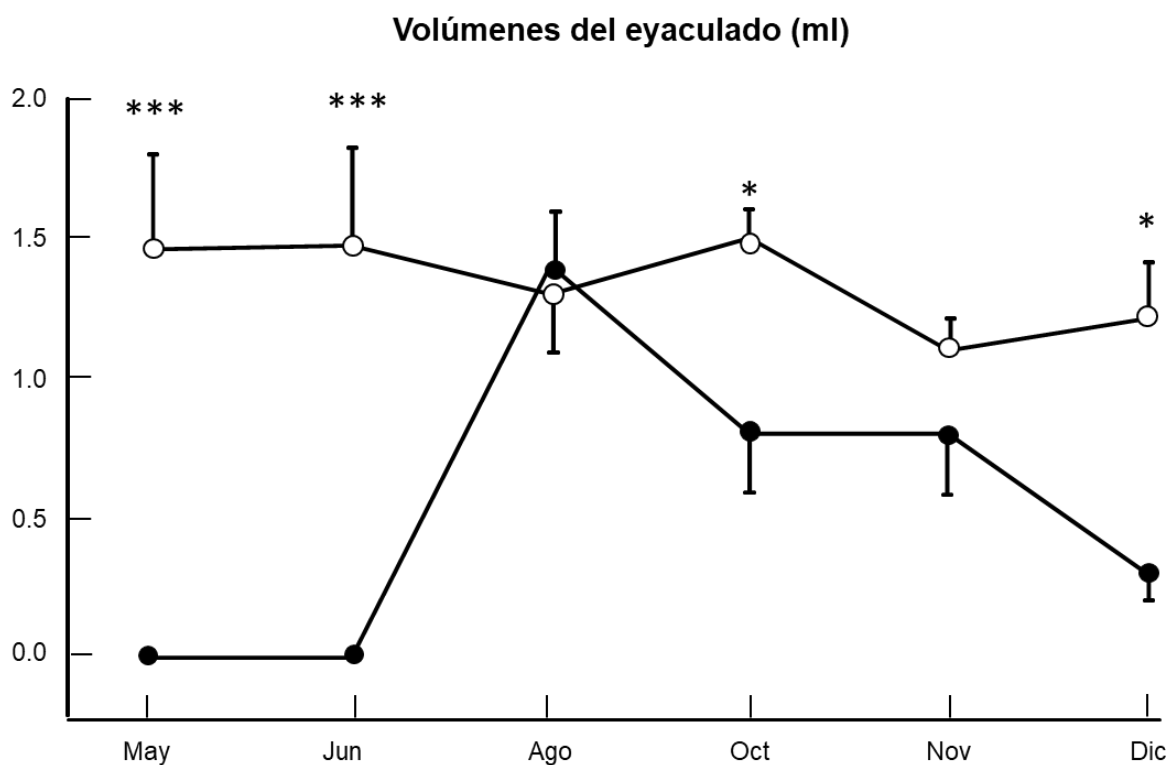


FIGURA 4. Variaciones de los volúmenes de los eyaculados (Promedio \pm Error estándar del Promedio) de los machos cabríos mantenidos en estabulación (\circ) o en condiciones semiextensivas (\bullet). Cada macho en estabulación se alimentó con 2 kg de heno de alfalfa. Los machos en condiciones semiextensivas se alimentaron solamente de la flora nativa de los agostaderos. * $P < 0.05$; *** $P < 0.001$.

Concentraciones de espermatozoides en los eyaculados ($\times 10^9$ espermatozoides/mL)

Las concentraciones en espermatozoides de los eyaculados de los machos control fueron superiores a las de los machos experimentales en mayo, junio, noviembre y diciembre ($P < 0.05$; Figura 5).

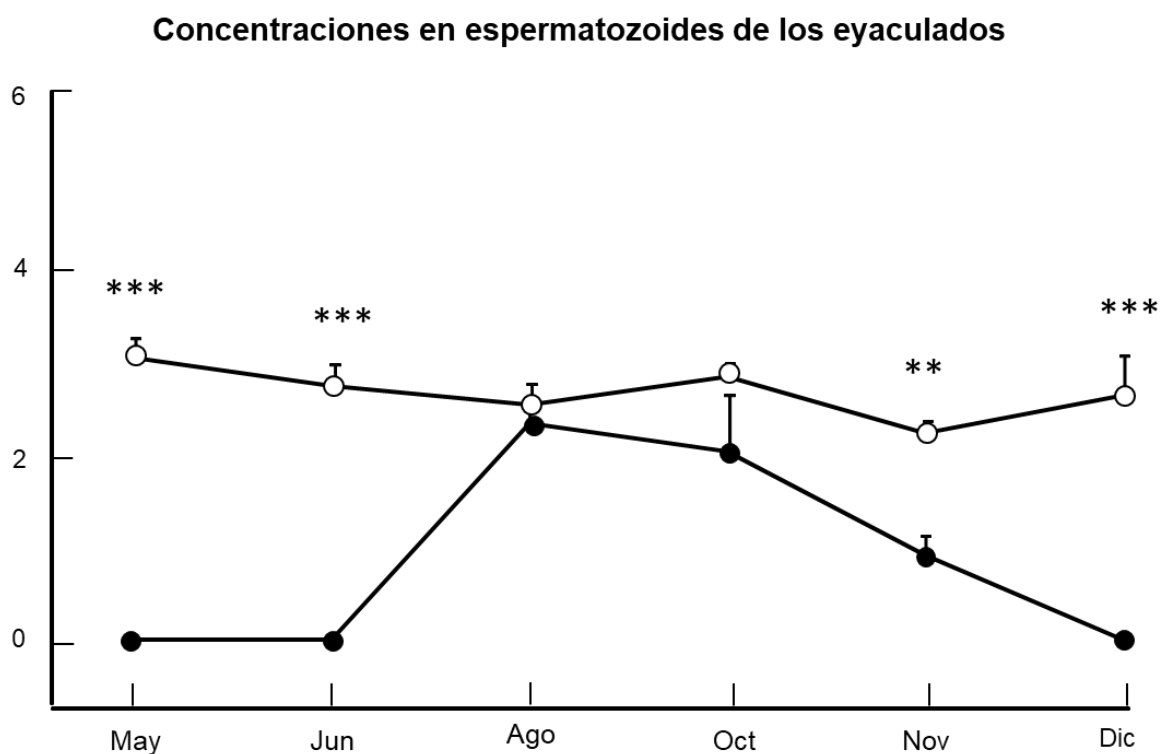


FIGURA 5. Variaciones de las concentraciones en espermatozoides (Promedio \pm Error Estándar del Promedio) de los eyaculados de los machos cabríos mantenidos en estabulación (○) o en condiciones semiextensivas (●). Cada macho en estabulación se alimentó con 2 kg de heno de alfalfa. Los machos en condiciones semiextensivas se alimentaron solamente de la flora nativa de los agostaderos. ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$.

Número total de espermatozoides por eyaculado ($\times 10^9$)

El número total de espermatozoides por eyaculado de los machos control fue superior al de los machos experimentales en mayo, junio, noviembre y diciembre ($P < 0.05$; Figura 6).

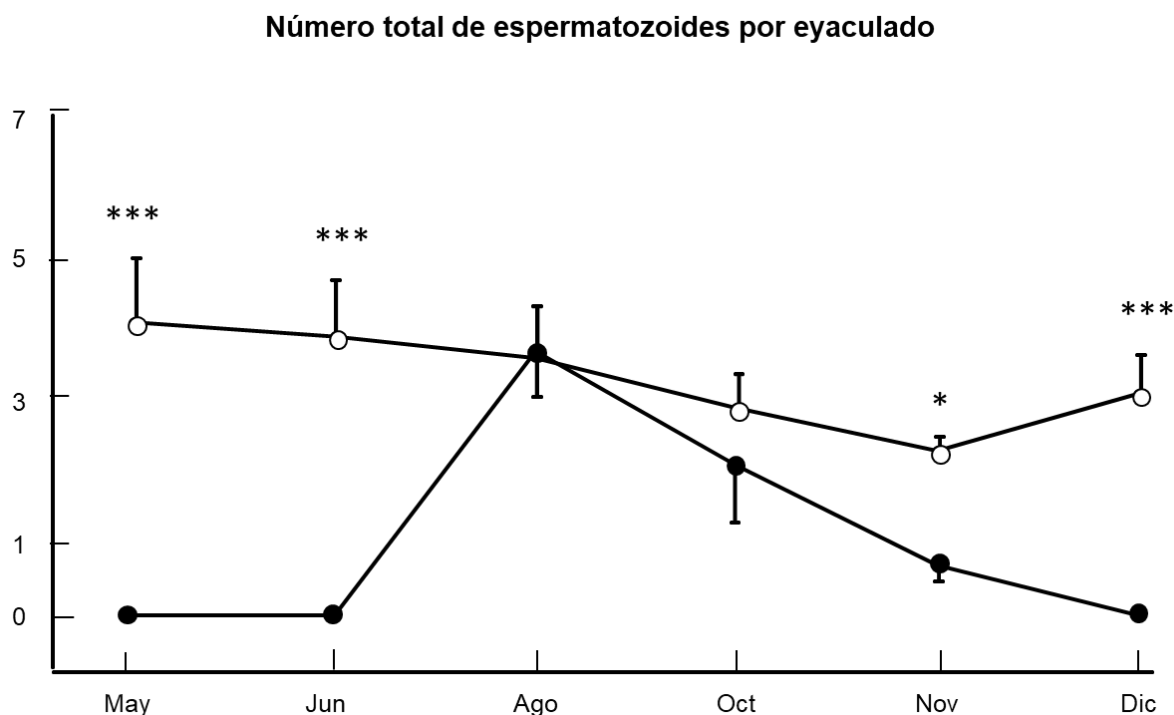


FIGURA 6. Variaciones del número total en espermatozoides (Promedio \pm Error Estándar del Promedio) de los eyaculados de los machos cabríos mantenidos en estabulación (○) o en condiciones semiextensivas (●). Cada macho en estabulación se alimentó con 2 kg de heno de alfalfa. Los machos en condiciones semiextensivas se alimentaron solamente de la flora nativa de los agostaderos. * $P < 0.05$; *** $P < 0.001$.

DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio muestran que el comportamiento sexual de los machos cabríos determinado por el porcentaje de rechazos a la eyaculación, y la producción espermática cuantitativa, fueron inferiores en los machos mantenidos en el sistema de producción semiextensivo en la Comarca Lagunera, que en aquellos bien alimentados y mantenidos en el sistema intensivo. Además, en los machos experimentales, el inicio de la estación sexual determinada por una reducción importante en los porcentajes de rechazos a la eyaculación se presentó dos meses más tarde que en los machos control. En conjunto, estos resultados confirman la hipótesis del presente estudio, y muestran comportamiento sexual y la producción espermática de los machos cabríos se reducen al estar en un sistema de producción semiextensivo.

En los machos del grupo experimental, los porcentajes de rechazo a la eyaculación fueron significativamente superiores a los de los machos del grupo control. Además, los machos del grupo control eyacularon durante todo el estudio, mientras que los machos del grupo experimental iniciaron a eyacular a partir de agosto, lo que indica que la estación sexual inició significativamente más tarde que en los machos del grupo control. Los resultados del comportamiento sexual del presente estudio coinciden con los reportados en los machos cabríos subalimentados de la raza cashmere y en los locales de la Comarca Lagunera, en los cuales la estación sexual inició más tarde, y el comportamiento sexual fue inferior que en los machos bien alimentados (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Delgadillo *et al.*, 2020). Considerando que el comportamiento sexual de los machos depende principalmente de la testosterona, es probable que en este estudio, la diferencia del comportamiento sexual se deba a diferencias en las

concentraciones plasmáticas de testosterona. En efecto, es probable que la subalimentación a la que fueron sometidos los machos experimentales haya incrementado la retroacción negativa de la testosterona, lo que disminuyó la secreción de LH, y esta disminución a su vez, redujo las concentraciones de testosterona, retrasando el inicio de la estación sexual y disminuyendo el comportamiento sexual de los machos experimentales (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Delgadillo *et al.*, 2021). En conjunto, estos resultados muestran que el sistema de producción semiextensivo retrasa el inicio de la estación sexual y reduce el comportamiento sexual de los machos cabríos.

Los valores de la producción espermática cuantitativa fueron inferiores en los machos del grupo experimental que en los machos del grupo control. Los datos del presente estudio coinciden con los reportados en machos cabríos subalimentados de la raza cashmere sometidos a las variaciones naturales del fotoperiodo, y en los de la Comarca Lagunera expuestos a días largos para estimular su actividad sexual durante el reposo, en los cuales la producción espermática cuantitativa fue inferior que en los machos bien alimentados (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Delgadillo *et al.*, 2020). En el presente estudio, los machos experimentales se mantuvieron en el sistema de producción semiextensivo característico de la Comarca Lagunera, y se alimentaron solamente de la flora natural de los agostaderos. En esta Comarca, la disponibilidad de la vegetación en los agostaderos depende de las lluvias, por lo que disminuye drásticamente de noviembre a mayo, provocando una subnutrición durante las estaciones de reposo y actividad sexual (Delgadillo, 2011; Delgadillo y Martín, 2015). Por lo tanto, es probable que la subnutrición de los machos en condiciones semiextensivas, sea la causa de la diferencia en la producción espermática de los

grupos control y extensivo. Esta hipótesis se basa en el hecho de que los animales en condiciones extensivas que reciben una complementación alimenticia mejoran su capacidad para fertilizar a las hembras caprinas, lo que indica una mejora en la producción espermática en los machos cabríos (Delgadillo *et al.*, 2021). En conjunto, estos datos indican que la producción espermática cuantitativa de los machos cabríos es disminuida por el sistema de producción semiextensivo, en comparación con los machos mantenidos en un sistema intensivo.

En el presente estudio, los pesos corporales y diámetros testiculares de los machos control y experimental, presentaron variaciones estacionales similares, pero los valores de estas dos variables fueron superiores en los machos control que en los experimentales. Además, en los machos control, el incremento de estas variables ocurrió antes y la disminución después que, en los machos experimentales, lo que podría explicar la diferencia en el inicio de la estación sexual entre grupos. En efecto, en los machos subalimentados, la estación sexual inicia después y termina antes que en los machos bien alimentados (Walkden-Brown *et al.*, 1994). En el presente estudio, es probable que la subalimentación haya incrementado la retroacción negativa de la testosterona, lo que inhibió la secreción de LH (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Delgadillo *et al.*, 2021), retrasando el inicio del crecimiento testicular. Finalmente, la inferioridad de los diámetros testiculares del grupo experimental puede explicar también la diferencia en la producción espermática cuantitativa que existió entre los machos de los grupos control y experimental. En este contexto, el tamaño testicular, índice de la actividad de espermatogénesis, y, por lo tanto, de la producción espermática, fue inferior en el grupo experimental que en el control. En conjunto, estos resultados indican que la evolución de los pesos corporales y diámetros testiculares son inferiores

en los machos mantenidos en un sistema de producción semiextensivo que en aquellos mantenidos en condiciones intensivas.

CONCLUSIÓN

Se concluye que la actividad sexual y la producción espermática cuantitativa de los machos cabríos mantenidos en un sistema de producción semiextensivo son inferiores que en aquellos mantenidos en un sistema intensivo.

REFERENCIAS

- Andrade-Esparza, J.D., L.A. Espinoza-Flores, H. Hernandez, P. Chemineau, M. Keller, J.A. Delgadillo 2018. Extensive management conditions do not modify the frequency of short ovulatory cycles in progesterone-treated does exposed to sexually active males. *Anim Reprod Sci* 199: 40-44.
- Delgadillo, J.A., B. Leboeuf, P. Chemineau 1991. Decrease in the seasonality of sexual behavior and sperm production in bucks by exposure to short photoperiodic cycles. *Theriogenology* 36: 755-770.
- Delgadillo, J.A., Chemineau P 1992. Abolition of the seasonal release of luteinizing hormone and testosterone in Alpine male goats (*Capra hircus*) by short photoperiodic cycles. *J Reprod Fertil* 94: 45-55.
- Delgadillo, J.A., G.A. Canedo, P. Chemineau, D. Guillaume, B. Malpoux 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male Creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology* 52: 727-737.
- Delgadillo, J.A., M.E. Cortez, G. Duarte, P. Chemineau, B. Malpoux 2004. Evidence that the photoperiod controls the annual changes in testosterone secretion, testicular and body weight in subtropical male goats. *Reprod Nutr Dev* 44: 183-93.
- Delgadillo, J.A. 2011. Environmental and social cues can be used in combination to develop sustainable breeding techniques for goat reproduction in the subtropics. *Animal* 5: 74-81.
- Delgadillo, J.A., G.B. Martin 2015. Alternative methods for control of reproduction in small ruminants: A focus on the needs of grazing industries. *Anim Frontiers* 5: 57-65.
- Delgadillo, J.A., A. Lemi re, J.A. Flores, M. Bedos, H. Hernandez, J. Vielma, M. Guerrero-Cervantes, L.A. Zarazaga, M. Keller, P. Chemineau 2020. Undernutrition reduces the body weight and testicular size of bucks exposed to long days but not their ability to stimulate reproduction of seasonally anestrous goats. *Animal* 14: 2562-2569.
- Delgadillo, J.A., P.I. Sifuentes, M.J. Flores, L.A. Espinoza-Flores, J.D. Andrade-Esparza, H. Hernandez, M. Keller, P. Chemineau 2021. Nutritional supplementation improves the sexual response of bucks exposed to long days in semi-extensive management and their ability to stimulate reproduction in goats. *Animal* 15:1-9.
- Duarte, G., J.A. Flores, B. Malpoux, J.A. Delgadillo 2008. Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Domest Anim Endocrinol* 35: 362-70.
- Duarte, G., M.P. Nava-Hern andez, B. Malpoux, J.A. Delgadillo 2010. Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to photoperiod. *Anim Reprod Sci* 120: 65-70.
- Ram rez, S., D. Chesneau, E. Grimaldo-Viesca, J. Vielma, H. Hern andez, J. Santiago-Moreno, P. Chemineau, M. Keller, J.A. Delgadillo 2019. Continuous presence of females in estrus does not prevent seasonal inhibition of LH and androgen concentrations in bucks. *Domest Anim Endocrinol* 69: 68-74.

- Ungerfeld, R., A. Freitas-de-Melo, J. Giriboni, L. Lacuesta, A. Toledano-Díaz, J. Santiago-Moreno 2016. Influence of seasonality and stimulus of oestrous does in bucks' aggressiveness. *Behav Processes* 133: 1-5.
- Walkden-Brown, S.W., B.J. Restall, B.W. Norton, R.J. Scaramuzzi, G.B. Martin 1994. Effect of nutrition on concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian cashmere goats seasonal patterns of LH, FSH and testosterone. *J Reprod Fertil*: 351-360.