

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



La exposición prolongada a los rayos del sol disminuyen la calidad seminal en machos cabríos confinados en sistema intensivo

Por:

José Alberto Nájera Luévano

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México

Diciembre 2023

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

La exposición prolongada a los rayos del sol disminuyen la calidad seminal en machos cabríos confinados en sistema intensivo

Por:

José Alberto Nájera Luévano

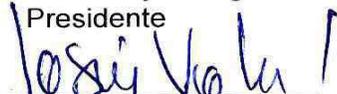
TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:


Dra. Luz María Tejada Ugarte
Presidente


Dr. Jesús Vielma Sifuentes
Vocal


Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez
Vocal


Dr. Horacio Hernández Hernández
Vocal Suplente


M.C. José Luis Francisco Sandoval Elías
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2023

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

La exposición prolongada a los rayos del sol disminuyen la calidad seminal en machos cabríos confinados en sistema intensivo

Por:

José Alberto Nájera Luévano

TESIS

Presenta como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el comité de asesoría:



Dra. Luz María Tejada Ugarte
Asesor Principal



Dr. José Alberto Delgado Sánchez
Coasesor



Dr. Jesús Vielma Sifuentes
Coasesor



M.C. José Luis Francisco Sandoval Elías
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2023

AGRADECIMIENTOS

A Dios principalmente por su infinita bondad, misericordia y por haberme permitido concluir satisfactoriamente esta noble y hermosa carrera a la cual le prometo siempre ejercerla con honestidad, humildad y dedicación.

A mis padres:

José Alberto Nájera Duran y Ana Maria Luévano Medina por siempre contar con su apoyo y motivación indispensable en todo momento.

A mis hermanas:

Ana Laura Nájera Luévano y Maria Del Socorro Nájera Luévano por darme ese ejemplo de superación y por su apoyo incondicional.

A mi Maestra:

Dra. Luz María Tejada Ugarte por su apoyo, tiempo, paciencia. Por su dedicación como asesora principal y enorme profesionalismo y compromiso como docente investigadora de esta universidad.

Al Doctor:

Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez por ser el principal mentor y un gran docente investigador del Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA) donde se llevó a cabo este trabajo.

DEDICATORIA

A mi alma mater por haberme formado como profesionalista.

RESUMEN

La mayoría de los caprinos locales de la Comarca Lagunera se explotan en un sistema de producción de tipo semi-extensivo, bajo estas condiciones medioambientales están expuestos a los rayos solares y temperaturas elevadas durante 8 horas diariamente. Dichos factores podrían reducir la calidad seminal de los machos cabríos. El objetivo de este estudio fue determinar si la exposición prolongada a los rayos solares disminuye la producción espermática cualitativa en machos cabríos estabulados y bien alimentados. Durante 11 meses, el grupo control (n= 5) fue alojado en un corral provisto de sombra mientras que los machos del grupo experimental (n= 5) fueron alojados y expuestos directamente a los rayos solares. Los dos grupos de machos se expusieron a los cambios naturales de la temperatura ambiental durante todo el estudio y se alimentaron con 2 kg de heno de alfalfa/día/animal. El estudio se realizó de marzo a febrero. La producción espermática se evaluó mensualmente al inicio (mayo y junio), a la mitad (agosto y octubre) y al final (noviembre y diciembre) de la estación sexual. Se determinaron la motilidad progresiva, el porcentaje de células vivas, los porcentajes de espermatozoides con integridad funcional y con anomalías espermáticas. La motilidad progresiva varió con el tiempo de estudio ($P < 0.0001$), pero sin interacción significativa entre el tiempo y los grupos de machos ($P > 0.05$). El porcentaje de células vivas en los machos control fue mayor en junio, agosto, noviembre y diciembre que en los machos experimentales ($P < 0.05$). En el grupo de machos experimentales el porcentaje mínimo se presentó en diciembre. El porcentaje de espermatozoides con integridad funcional fue similar entre mayo y agosto entre

grupos, sin embargo, en octubre y hasta el mes de diciembre el grupo control fue superior al grupo experimental ($P < 0.05$). El porcentaje de anomalías espermáticas fue similar en mayo en ambos grupos. Desde junio hasta el final del estudio en diciembre, el grupo de machos experimentales tuvo un mayor porcentaje de anomalías espermáticas en comparación con el grupo de control ($P < 0.001$) el mayor porcentaje se presentó en junio con más del 15%. Se concluye que la exposición prolongada de los machos cabríos a los rayos solares disminuye la calidad seminal en machos cabríos bien alimentados y confinados,

Palabras clave: Caprino, Subtrópico, Espermatozoides, Sistema de producción en estabulación

ÍNDICE	
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LIERATURA	3
2.1 La estacionalidad reproductiva de los machos cabríos locales de la región lagunera	3
2.2 La condición nutricional de los machos cabríos modifica su estacionalidad reproductiva	4
2.3 Características de los sistemas semiextensivo e intensivo de la región lagunera	4
2.4 Efecto de la exposición a las radiaciones solares en la calidad espermática	5
2.5 Objetivo	6
2.6 Hipótesis	6
3. MATERIALES Y MÉTODOS	7
3.1 Grupos experimentales	7
3.2 Variables determinadas	7
Producción espermática cualitativa	7
Motilidad progresiva	8
Porcentaje de células vivas	8
Porcentaje de espermatozoides con membrana funcional	8
Porcentaje de células anormales	9
3.3 Análisis estadístico	9
4. RESULTADOS	10
4.1 Motilidad progresiva	10
4.2 Porcentaje de células vivas	11
4.3 Porcentaje de espermatozoides con membrana funcional	12
4.4 Porcentaje de células anormales	13
5. DISCUSIÓN	14
6. CONCLUSIÓN	16
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Motilidad progresiva de los espermatozoides (media \pm SEM) de dos grupos de machos cabríos. El grupo control se mantuvo estabulado, bien alimentado y provisto de sombra (rayas diagonales). El grupo experimental se mantuvo estabulado, bien alimentado, pero expuesto a los rayos solares (negro).....	10
Figura 2. Porcentaje de células vivas (media \pm SEM) de dos grupos de machos cabríos. El grupo control se mantuvo estabulado, bien alimentado y provisto de sombra (rayas diagonales). El grupo experimental se mantuvo estabulado, bien alimentado, pero expuesto a los rayos solares (negro). *P < 0.05, **P < 0.01.....	11
Figura 3. Porcentaje de espermatozoides con membrana funcional (media \pm SEM) (media \pm SEM) de dos grupos de machos cabríos. El grupo control se mantuvo estabulado, bien alimentado y provisto de sombra (rayas diagonales). El grupo experimental se mantuvo estabulado, bien alimentado, pero expuesto a los rayos solares (negro). *P <0.05; *P < 0.01.....	12
Figura 4. Porcentaje de células anormales (media \pm SEM) (media \pm SEM) de dos grupos de machos cabríos. El grupo control se mantuvo estabulado, bien alimentado y provisto de sombra (rayas diagonales). El grupo experimental se mantuvo estabulado, bien alimentado, pero expuesto a los rayos solares (negro). ** P < 0.001.	13

1. INTRODUCCIÓN

La eficiencia reproductiva de los rebaños caprinos depende de la fertilidad de machos y hembras y su interacción con el medio ambiente. Los machos cabríos nativos de la Comarca Lagunera tienen una estación reproductiva que se manifiesta de junio a diciembre y un reposo sexual que se desarrolla desde enero hasta el mes de mayo (Delgadillo et al., 1999). Esta estacionalidad reproductiva que exhiben los caprinos es sincronizada principalmente por las variaciones anuales del fotoperiodo (Delgadillo et al., 2004). Sin embargo, otros factores como la subnutrición y el medio ambiente pueden modificar y retrasar el inicio de la actividad sexual, así como disminuir la calidad de la producción espermática de los machos cabríos bajo sistema semi-extensivo (García-Cruz et al., 2022). En el norte de México los caprinos que habitan sobre latitudes subtropicales se encuentran en su mayoría en un sistema de producción de tipo semi-extensivo. Bajo este sistema hembras y machos se desplazan por la mañana diariamente entre 5 a 8 kilómetros en búsqueda de alimento (Andrade-Esparza et al., 2018) consumiendo solamente flora natural de los agostaderos y regresan por tarde para ser alojados en instalaciones abiertas donde generalmente no reciben suplementación alimenticia durante todo el año (Delgadillo et al., 2012). En la Comarca Lagunera (26°N) las precipitaciones son escasas y el mes de septiembre se registra la máxima precipitación que coincide con la época en que los ciclones tropicales del Pacífico son más frecuentes (García E., 1974), el clima de la región es seco y la temperatura es cálida durante casi todo el año (Duarte et al., 2008).

Las prolongadas horas de exposición al sol que enfrentan estos animales podrían ser factores que agudizan el deterioro de la calidad espermática de los machos. Debido a lo anterior el objetivo de este estudio fue determinar si la exposición directa y prolongada a la luz solar disminuye la calidad seminal en machos cabríos bien alimentados y confinados.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 La estacionalidad reproductiva de los machos cabríos locales de la región lagunera

Los machos cabríos de la región Lagunera (Latitud 26°23'; Longitud 104°47' O) muestran variaciones estacionales en su actividad sexual. La estación sexual comienza en junio y termina en diciembre. Esta estación sexual se caracteriza por un elevado peso testicular, elevadas concentraciones de testosterona plasmática, intenso comportamiento sexual y elevada producción espermática cuantitativa (volumen, concentración y número total de espermatozoides) y cualitativa (motilidad progresiva, porcentaje de espermatozoides vivos, porcentaje de espermatozoides con membrana funcional). Por otro lado, la estación de reposo sexual inicia en enero y finaliza en mayo. Esta estación se caracteriza por una reducción del peso testicular, de la concentración de testosterona plasmática, del comportamiento sexual y de la producción espermática cuantitativa y cualitativa (Delgadillo et al., 1999). Esta estacionalidad sexual es sincronizada principalmente por las variaciones anuales del fotoperiodo (Delgadillo et al., 2022). Sin embargo, el estado nutricional de los machos puede modificar dicha estacionalidad.

2.2 La condición nutricional de los machos cabríos modifica su estacionalidad reproductiva

La nutrición puede modificar de manera importante la estacionalidad sexual de los caprinos. Por ejemplo, los machos cabríos con una condición corporal baja debida a la subnutrición y sometidos a un tratamiento fotoperiódico de días largos artificiales seguidos del fotoperiodo natural, tienen menores circunferencia escrotal y comportamiento sexual que los machos con una elevada condición corporal debida a una adecuada nutrición (Delgadillo et al., 2020). Los machos cabríos de la región laguna mantenidos en un sistema de producción semi-extensivo experimentan periodos de subnutrición debido a que se alimentan únicamente de la flora nativa de los agostaderos. Debido a lo anterior, las concentraciones plasmáticas de testosterona, la libido y producción espermática son inferiores a las observadas en los machos mantenidos en estabulación y bien alimentados; además, la estación sexual inicia después y termina antes que en los machos estabulados bien alimentados (García-Cruz et al., 2022). Resultados similares a los obtenidos en los machos de la región laguna se han reportado en machos cashmere subalimentados, en los cuales la duración de la estación sexual, la concentración plasmática de testosterona y el tamaño de los testículos fueron menores que en los machos bien alimentados (Walkden-Brown et al., 1994).

2.3 Características de los sistemas semi-extensivos de la región lagunera

El sistema de producción semi-extensivo es el que prevalece en el norte de México incluyendo la región lagunera, considerada una zona destacada en la producción

de leche caprina a nivel nacional (Escareño Sánchez et al., 2011). Bajo el sistema de producción semi-extensivo, la alimentación de hembras y machos depende únicamente del pastoreo en tierras comunales y de la vegetación nativa que depende de las escasas precipitaciones pluviales, para ello se desplazan distancias de 5 y 8 kilómetros diariamente, expuestos a los rayos solares y las cálidas temperaturas ambientales (superiores a 38 °C) que prevalecen la mayor parte del año en esta región. Estos animales por lo general en la temporada de sequía (noviembre-junio) están subnutridos y tienen baja productividad (Escareño Sánchez et al., 2011; Delgadillo, 2012; García-Cruz et al., 2022).

2.4 Efecto de la exposición a las radiaciones solares en la calidad espermática

El estrés calórico generado por la exposición aguda o crónica a las radiaciones solares y/o temperaturas cálidas afecta la reproducción de los machos bovinos, ovinos, y caprinos. En los toros *Bos indicus* africanos existen estudios que demuestran que durante la época de verano con temperaturas por encima de los 30 °C, el volumen seminal y la concentración espermática disminuyen, mientras que las anormalidades espermáticas aumentan comparados con valores en las otras estaciones del año (Lozano, 2009). Asimismo, en los carneros turcos, el estrés calórico disminuye la concentración de espermatozoides, la motilidad, la viabilidad, e integridad de la membrana de los espermatozoides y aumenta el porcentaje de anormalidades espermáticas (Küçük y Aksoy 2020). En machos cabríos mantenidos en un sistema de producción semi-extensivo en la región lagunera y, por tanto,

subnutridos y expuestos a los rayos solares al menos 8 horas diariamente, los niveles plasmáticos de testosterona, la libido, la producción espermática cuantitativa y cualitativa y la duración de la estación sexual fueron menores que en los machos estabulados y bien alimentados (García-Cruz et al., 2022). Sin embargo, no se sabe si estos hallazgos se debieron a la subnutrición o a la exposición prolongada a los rayos solares. Por tanto, el objetivo y la hipótesis del presente estudio fueron los siguientes:

2.5 Objetivo

Determinar si la exposición prolongada a los rayos del sol disminuye la producción espermática cualitativa en machos cabríos estabulados y bien alimentados.

2.6 Hipótesis

La exposición prolongada a los rayos del sol disminuye la producción espermática cualitativa en machos cabríos estabulados y bien alimentados.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Grupos experimentales

Machos cabríos

Se utilizaron 10 machos cabríos adultos locales de la Comarca Lagunera de 3 años de edad al inicio del estudio. El 15 de marzo, los machos se distribuyeron en dos grupos ($n = 5$ cada uno) homogéneos en cuanto a peso corporal (PC), diámetro testicular (DT) y motilidad progresiva de los espermatozoides. Los machos del grupo control (PC: 71 ± 3 kg; DT: 67 ± 3 cm; motilidad espermática: 3 ± 0.01 ; promedio \pm error estándar del promedio) fueron alojados durante 11 meses (marzo a febrero) en un corral de 6 x 6 metros provisto de sombra, mientras que los machos del grupo experimental (PC: 72 ± 2 ; DT: 66 ± 3 ; motilidad espermática: 3 ± 0.02 promedio \pm error estándar del promedio) se alojaron en un corral de 6 x 6 metros sin sombra, por lo que se expusieron directamente a los rayos solares durante todo el estudio. Todos los machos se alimentaron con 2 kg de heno de alfalfa/día/animal, sales minerales en block y agua limpia *ad libitum*. Los dos grupos de machos se encontraron expuestos a los cambios naturales de la temperatura ambiental durante todo el estudio.

3.2 Variables determinadas

Producción espermática cualitativa

La producción espermática cualitativa se evaluó mensualmente al inicio (mayo y junio), a la mitad (agosto y octubre) y al final (noviembre y diciembre) de la estación sexual. Previo a cada periodo de evaluación, los machos fueron colectados dos

veces con el fin de eliminar reservas seminales con células envejecidas, dichas colectas seminales no fueron tomadas en cuenta en el estudio. Las características espermáticas se determinaron durante la última semana de cada mes (tres colectas por animal) a las 8:00 h. Los animales se manipularon siguiendo un mismo orden y la colecta la realizó el mismo operador.

Motilidad progresiva

La motilidad espermática se determinó depositando inmediatamente después de la colecta del semen una gota de eyaculado en un portaobjetos con cubreobjetos para observar inmediatamente al microscopio a x 400. A cada muestra se le asignó un valor según la escala de 0 (sin movimiento) a 5 (mayor movimiento) (Delgadillo et al., 1999).

Porcentaje de células vivas

El porcentaje de células vivas se determinó mediante tinción con eosina-nigrosina (Farshad et al., 2012). Se contaron 200 células por muestra en un total de cuatro campos, clasificados como teñidos (espermatozoides muertos) o sin teñir (espermatozoides vivos).

Porcentaje de espermatozoides con membrana funcional

La integridad funcional de la membrana espermática se evaluó mediante prueba hipoosmótica. Se contaron 200 células por muestra en un total de cuatro campos, clasificados como: cola con hinchazón (espermatozoide con membrana funcional) y cola sin hinchazón (espermatozoide sin membrana funcional) (Santiago-Moreno et al., 2009).

Porcentaje de células anormales

Las anomalías morfológicas se determinaron mediante tinción con eosina-nigrosina (Farshad et al., 2012). Se contaron 200 células por muestra en un total de cuatro campos, y se cuantificaron los espermatozoides con anomalías (cabeza pequeña, cabeza alargada, cabeza sin cola, flagelo doblado, flagelo pequeño, flagelo sin cabeza y gotas citoplasmáticas).

3.3 Análisis estadístico

La motilidad progresiva, el porcentaje de espermatozoides vivos, de espermatozoides con membrana funcional y las anomalías espermáticas se analizaron utilizando un ANOVA de medidas repetidas a 2 factores para detectar diferencias entre los tratamientos. El modelo incluyó el tratamiento (grupo), el tiempo de muestreo (meses), y la interacción entre estos factores, seguida de pruebas *t* de student independiente para comparaciones en puntos individuales. Se utilizó el programa SYSTAT 13 (System Software, San José, CA). Las diferencias se consideraron significativas cuando el valor de la probabilidad (P) fuera ≤ 0.05 .

4. RESULTADOS

4.1 Motilidad progresiva

La motilidad progresiva varió a través del tiempo ($P < 0.0001$; Figura 1), pero no existió interacción significativa entre tiempo y grupo ($P > 0.05$). La motilidad progresiva aumentó a partir de junio y se mantuvo elevada hasta octubre en ambos grupos. Después disminuyó en noviembre y diciembre.

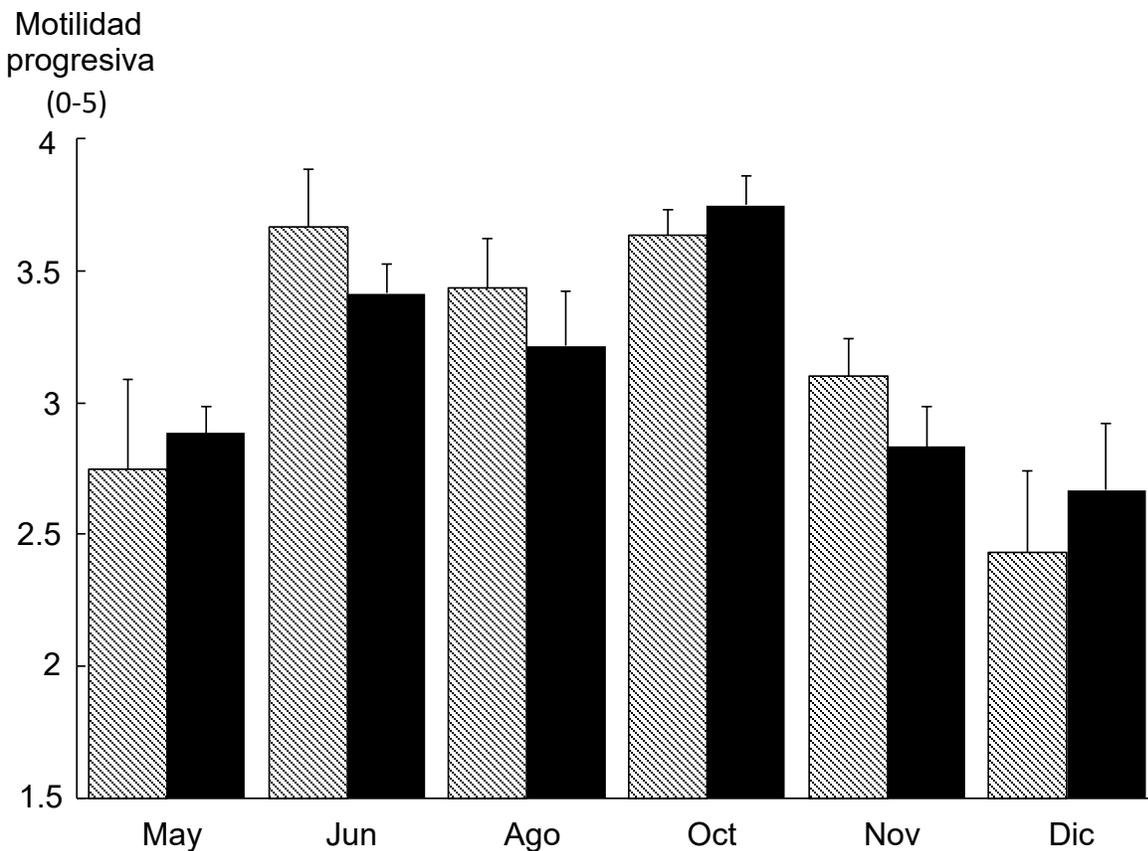


Figura 1. Motilidad progresiva de los espermatozoides (media \pm SEM) de dos grupos de machos cabríos. El grupo control se mantuvo estabulado, bien alimentado y provisto de sombra (rayas diagonales). El grupo experimental se mantuvo estabulado, bien alimentado, pero expuesto a los rayos solares (negro).

4.2 Porcentaje de células vivas

El porcentaje de células vivas varió a través del tiempo ($P < 0.0001$), y hubo interacción entre tiempo y grupo ($P < 0.0001$). En los machos control, el porcentaje de células vivas fue mayor en junio, agosto y noviembre ($P < 0.05$; Figura 2). En cambio, estos porcentajes fueron mayores en mayo y diciembre en el grupo experimental ($P < 0.05$; Figura 2).

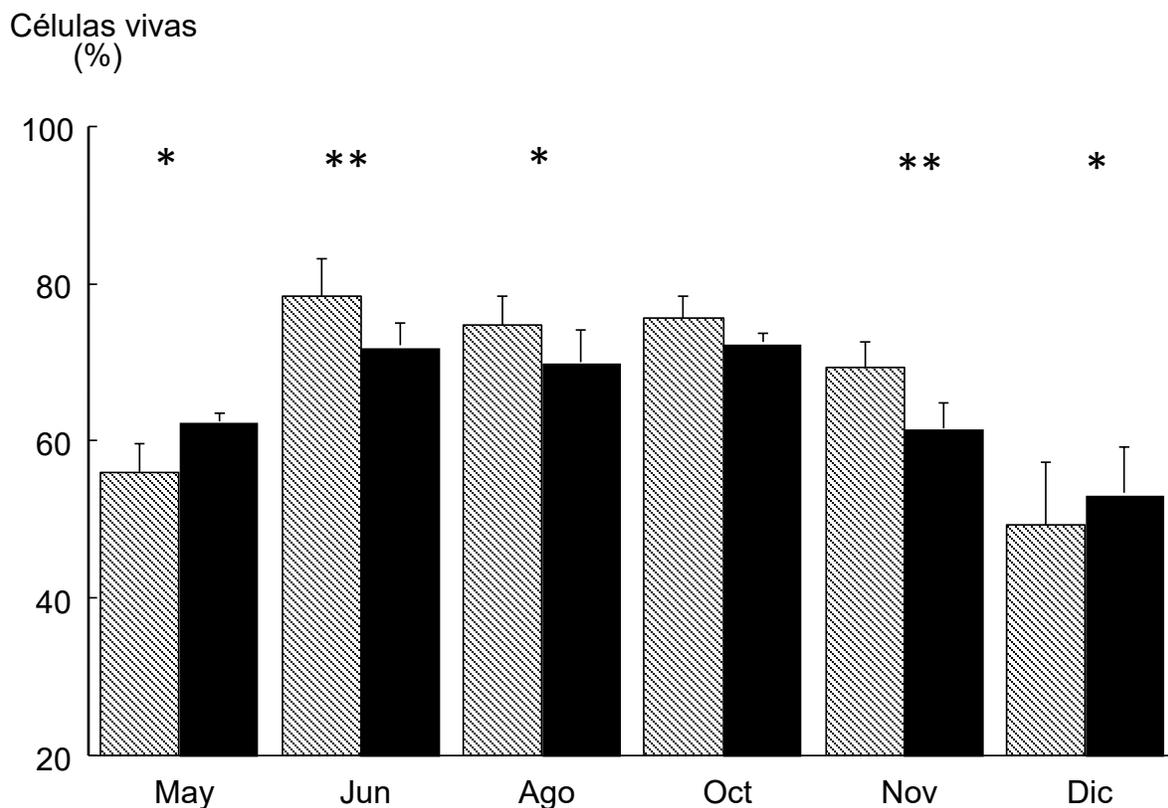


Figura 2. Porcentaje de células vivas (media \pm SEM) de dos grupos de machos cabríos. El grupo control se mantuvo estabulado, bien alimentado y provisto de sombra (rayas diagonales). El grupo experimental se mantuvo estabulado, bien alimentado, pero expuesto a los rayos solares (negro). * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

4.3 Porcentaje de espermatozoides con membrana funcional

El porcentaje de células con membrana funcional cambió a través del tiempo ($P < 0.001$), y hubo interacción entre tiempo y grupo ($P < 0.001$). El porcentaje de células con membrana funcional fue similar de mayo a agosto en los dos grupos, sin embargo, en octubre y hasta el mes de diciembre el grupo control fue superior al grupo experimental ($P < 0.05$; Figura 3).

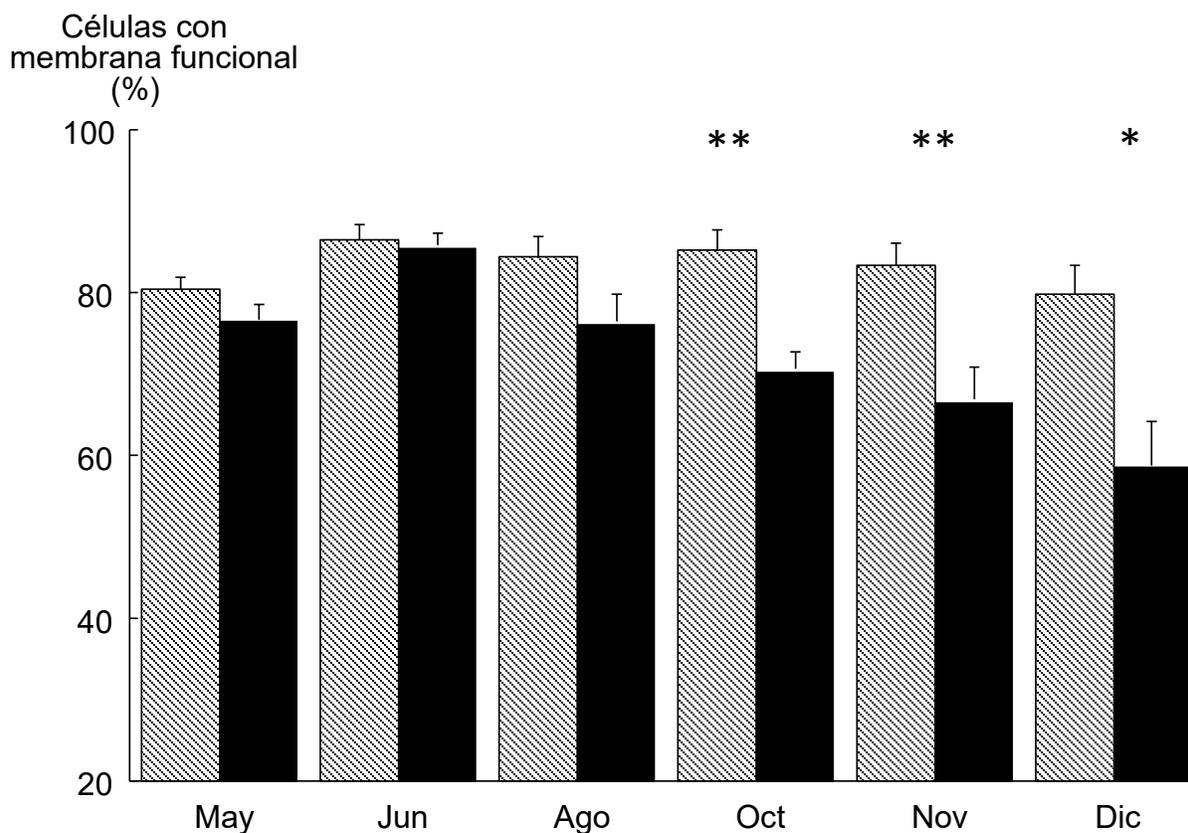


Figura 3. Porcentaje de espermatozoides con membrana funcional (media \pm SEM) (media \pm SEM) de dos grupos de machos cabríos. El grupo control se mantuvo estabulado, bien alimentado y provisto de sombra (rayas diagonales). El grupo experimental se mantuvo estabulado, bien alimentado, pero expuesto a los rayos solares (negro). * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

4.4 Porcentaje de células anormales

El porcentaje de células con anomalías cambió a través del tiempo ($P < 0.0001$), y hubo interacción entre el tiempo y grupo ($P < 0.0001$; Figura 4). El porcentaje de células con anomalías fue similar en mayo en ambos grupos. Desde junio hasta el final del estudio en diciembre, el grupo de machos experimentales tuvo un mayor porcentaje de células anormales en comparación con el grupo de control ($P < 0.001$).

Células anormales

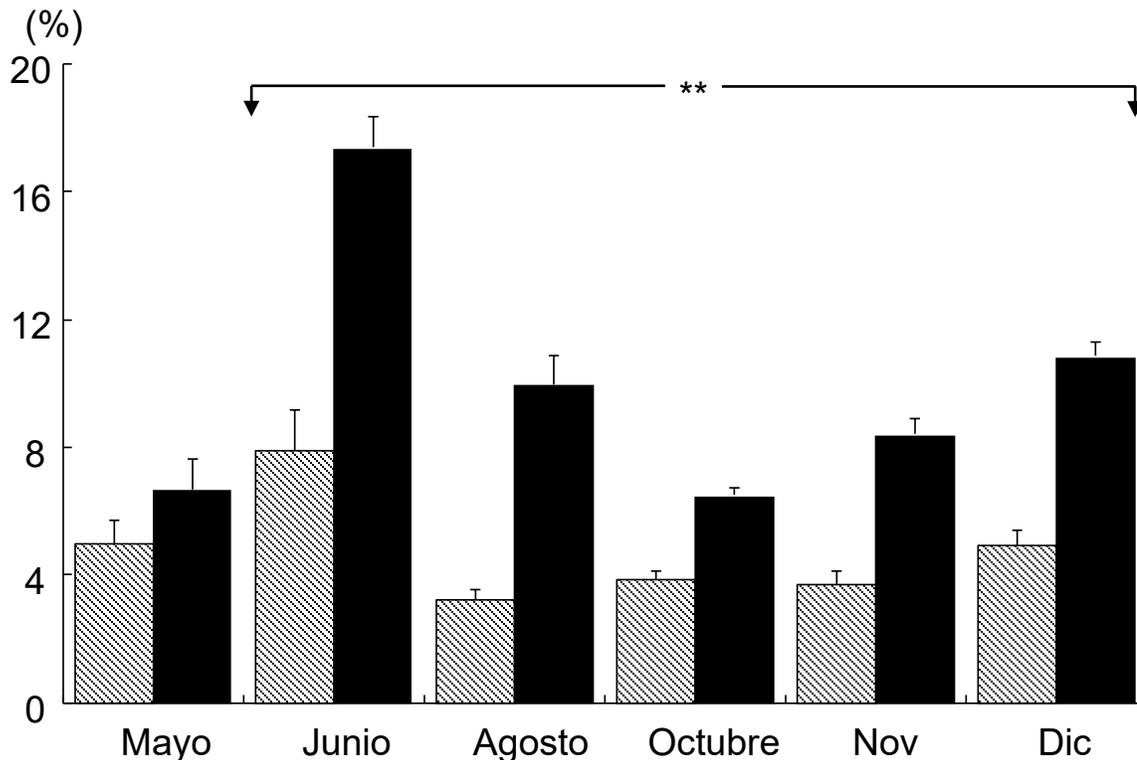


Figura 4. Porcentaje de células anormales (media \pm SEM) (media \pm SEM) de dos grupos de machos cabríos. El grupo control se mantuvo estabulado, bien alimentado y provisto de sombra (rayas diagonales). El grupo experimental se mantuvo estabulado, bien alimentado, pero expuesto a los rayos solares (negro). ** $P < 0.001$.

5 DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio comprueban la hipótesis de que la exposición prolongada a los rayos solares disminuye la producción espermática cualitativa en machos cabríos estabulados y bien alimentados. En efecto, la calidad de los espermatozoides fue mayor en los machos control que en los machos experimentales. Estos resultados demuestran de manera clara que los machos cabríos bien alimentados pero expuestos a los rayos solares de manera prolongada tienen menores porcentajes de espermatozoides vivos y con membrana funcional y un mayor porcentaje de anomalías espermáticas que los machos del grupo control. En conjunto, los resultados del presente estudio muestran claramente que, en los machos cabríos bien alimentados, la exposición prolongada a los rayos solares disminuye de manera importante la producción espermática cualitativa.

En los machos de otra especie, como toros y carneros, la exposición a las radiaciones solares, provocó la disminución del número de espermatozoides vivos y aumentó el número de espermatozoides anormales (Rizzoto y Kastelic, 2020; Hamilton et al., 2016). El estrés calórico indujo, en estos machos, la apoptosis de las células germinales en los testículos (Kanter et al., 2013), así como daño en el ADN del espermatozoide (Espinosa y Córdova et al., 2018; Shahat et al., 2020) y, en consecuencia, la disminución de la producción espermática cuantitativa y cualitativa. En el presente estudio, es muy probable que la superioridad del grupo control sobre el experimental se debió a los fenómenos descritos anteriormente en toros y carneros (Kanter et al., 2013; Espinosa y Córdova et al., 2018; Shahat et al., 2020).

Otras posibilidades que podrían explicar la inferioridad del grupo experimental en comparación con el control son: 1) que la exposición a los rayos solares activó el proceso de apoptosis espermática como se reportó en machos de otras especies ratones expuestos de cuerpo completo a calor térmico (Kanter et al., 2013; Espinosa y Córdova et al., 2018; Shahat et al., 2020; Wechalekar et al., 2010); 2) que la exposición a los rayos solares provocó la degeneración del epitelio germinal y a la atrofia parcial de los túbulos seminíferos, como se ha informado en machos cabríos Barberi expuestos a rayos solares y temperaturas ambientales superiores a 40 °C (Ranjan et al., 2020). Asimismo, la inferioridad del grupo experimental en el número de espermatozoides con membrana funcional se debió, muy probablemente, al estrés calórico tal como se reportó en carneros Merino Australiano de la Patagonia Norte (Armengol et al., 2018), y en machos cabríos bajo un sistema de producción semi-extensivo en el norte de México (García-Cruz et al., 2022).

.

6 CONCLUSIÓN

La exposición prolongada a los rayos del sol disminuye la producción espermática cualitativa en machos cabríos estabulados y bien alimentados.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade-Esparza, J. D., Espinoza-Flores, L. A., Hernández, H., Chemineau, P., Keller, M., Delgadillo, J. A. (2018). Extensive management conditions do not modify the frequency of short ovulatory cycles in progesterone-treated does exposed to sexually active males. *Animal Reproduction Science*. 199, 40-44.

Armengol, M. F. L., Rubio, N., Sabino, G. A., Bérnago, N. S., Pelufo, V. (2018). Microscopic sperm head damage and abnormalities as heat stress indicators in Australian Merino rams (*Ovis aries*) in Northern Patagonia, Argentina. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 55 (1), 1-11.

Delgadillo, J. A., Canedo, G. A., Chemineau, P., Guillaume, D., Malpoux, B. (1999). Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male Creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology*, 52 (4), 727-737.

Delgadillo, J. A., Duarte, G., Flores, J. A., Vielma, J., Hernández, H., Fitz-Rodríguez, G., Bedos, M., Fernández, I.G., Muñoz-Gutiérrez, M., Retana- Márquez, M. D. S., Keller, M. (2012). Control de la actividad sexual de los caprinos sin hormonas exógenas: uso del fotoperiodo, efecto macho y nutrición. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 15 (1), 15-27.

Delgadillo, J. A., Cortez, M. E., Duarte, G., Chemineau, P., Malpoux, B. (2004). Evidence that the photoperiod controls the annual changes in testosterone secretion, testicular and body weight in subtropical male goats. *Reproduction Nutrition Development*. 44 (3), 183-193.

Delgadillo, J. A., Lemière, A., Flores, J. A., Bedos, M., Hernández, H., Vielma, J., Chemineau, P. (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 (12), 2562-2569.

Delgadillo, J. A., Espinoza-Flores, L. A., Abecia, J. A., Hernández, H., Keller, M., Chemineau, P. (2022). Sexually active male goats stimulate the endocrine and sexual activities of other males in seasonal sexual rest through the “buck-to-buck effect”. *Domestic Animal Endocrinology*. 81, 106746.

Duarte, G., J. A. Flores., B. Malpaux., J. A. Delgadillo (2008). "Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Domestic Animal Endocrinology*. 35, 362-70.

Escareño Sánchez, L. M., Wurzinger, M., Pastor López, F., Salinas, H., Sölkner, J., Iñiguez, L. (2011). La cabra y los sistemas de producción caprina de los pequeños productores de la Comarca Lagunera, en el norte de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 17, 235-246.

Espinosa-Cervantes, R., y Córdova-Izquierdo, A. (2018). Efecto del estrés calórico y el estrés oxidativo en la función espermática de los mamíferos. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*. 12 (1), 27-39.

Farshad, A., Yousefi, A., Moghaddam, A., Khalili, B. (2012). Seasonal changes in serum testosterone, LDH concentration and semen characteristics in Markhoz goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 25 (2), 189.

García, E. (1974). Distribución de la precipitación en la República Mexicana. *Investigaciones geográficas*, (5), 7-20.

García-Cruz, O. U., Tejada, L. M., Flores, M. J., Nava-Rivera, L. E., López-Magaña, N., Hernandez, H., Delgadillo, J. A. (2022). A semi-extensive management system reduces plasma testosterone concentrations, sexual behavior and sperm production in male goats from subtropical latitudes. *Animal Production Science*. 62 (17), 1683-1691.

Kanter, M., Aktas, C., Erboğa, M. (2013). Heat stress decreases testicular germ cell proliferation and increases apoptosis in short term: an immunohistochemical and ultrastructural study. *Toxicology and Industrial Health*. 29 (2), 99-113.

Küçük, N., y Aksoy, M. (2020). Effect of environmental heat stress on Kivircik ram sperm parameters. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*. 71 (1), 2073-2080.

Hamilton, T.R., Mendes, C.M., de Castro, L.S., de Assis, P.M., Siqueira, A.F., Delgado, J.C., Goissis, M.D., Muiño-Blanco, T., Cebrián-Pérez, J.Á., Nichi, M., Visintin, J.A., Assumpção, M.E. (2016). Evaluation of lasting effects of heat stress on sperm profile and oxidative status of ram semen and epididymal sperm. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 1-12.

Hoyos, G., Salinas, H., Sáenz, P. (1992). Sistemas de producción caprina y sus principales limitaciones en la Comarca Lagunera, México. *Turrialba*. 42; (1):1-7

Lozano, H. (2009). Factores que afectan la calidad seminal en toros. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 56 (III), 258-272.

Ranjan, R., Singh, P., Kharche, S. D., Gangwar, C., Ramachandran, N., Singh, S. P., Singh, M. K. (2020). Effect of temperature humidity index on sexual behavior and semen quality in Barbari buck under indian climatic condition. *Small Ruminant Research*. 193, 1-3.

Rizzoto, G., y Kastelic, J. P. (2020). A new paradigm regarding testicular thermoregulation in ruminants? *Theriogenology*. 147, 166-175.

Santiago-Moreno, J., Castaño, C., Coloma, M. A., Gómez-Brunet, A., Toledano-Díaz, A., López-Sebastián, A., Campo, J. L. (2009). Use of the hypo-osmotic swelling test and aniline blue staining to improve the evaluation of seasonal sperm variation in native Spanish free-range poultry. *Poultry Science*, 88 (12), 2661-2669.

Shahat, A. M., Rizzoto, G., Kastelic, J. P. (2020). Amelioration of heat stress-induced damage to testes and sperm quality. *Theriogenology*. 158, 84-96.

Walkden-Brown S.W., Restall B. J., Norton B. W., Scaramuzzi R. J. (1994). The “female effect” in Australian cashmere goats: effect of season and quality of diet on the LH and testosterone response of bucks to oestrous does. *Journal of Reproduction and Fertility*. 100, 521–31.

Wechalekar, H., Setchell, B. P., Peirce, E. J., Ricci, M., Leigh, C., Breed, W. G. (2010). Whole-body heat exposure induces membrane changes in spermatozoa from the cauda epididymidis of laboratory mice. *Asian Journal of Andrology*. 12 (4), 591–598.