

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



La exposición solar prolongada disminuye la fertilidad en machos cabríos en el
norte de México

Por:

César Eduardo Ríos Alvarado

TÉSIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México

Noviembre 2023

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

La exposición solar prolongada disminuye la fertilidad en machos cabríos en el
norte de México

Por:

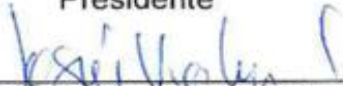
César Eduardo Ríos Alvarado

TÉSIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA


Dra. Luz María Tejada Ugarte
Presidente


Dr. Jesús Vielma Sifuentes
Vocal

Aprobada por:


Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez
Vocal


Dr. Horacio Hernández Hernández
Vocal Suplente


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



Torreón, Coahuila, México
Noviembre 2023

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

La exposición solar prolongada disminuye la fertilidad en machos cabríos en el
norte de México

Por:

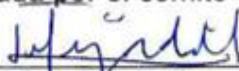
César Eduardo Ríos Alvarado

TÉSIS

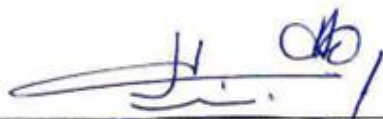
Presenta como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

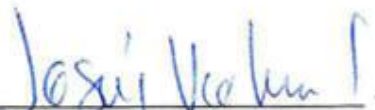
Aprobada por el comité de asesoría:



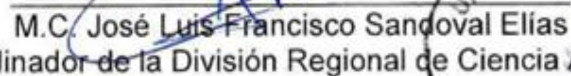
Dra. Luz María Tejada Ugarte
Asesor Principal



Dr. José Alberto Delgadillo 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
Noviembre 2023

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por darme la vida y haberme permitido llegar hasta donde estoy ahora con salud, fuerza y perseverancia para poder lograr lo que me he propuesto.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** la cual me recibió como mi segunda casa por más de 5 años, en los que me formó como un profesional siempre inculcándome los valores necesarios para ejercer de mejor manera mi actividad profesional.

A la **Dra. Luz María Tejada Ugarte** mi asesora principal, por guiarme en este largo proceso que ha sido la elaboración de mi trabajo de titulación, por no desconfiar de mis capacidades, por su valioso tiempo y dedicación y por tenerme demasiada paciencia, puesto que sin ella esto no hubiera sido posible.

A mi **Familia** por estar siempre conmigo a pesar de la distancia, la cual nunca ha sido un impedimento para sentirme amado, por esforzarse igual o más que yo para que pudiera cumplir este sueño, por jamás dudar de mis capacidades y darme el apoyo incondicional que siempre he tenido.

A mis **Amigos**, Karla, Giovanna, Ivanna, Carlos, Ramón, Víctor, Alejandro y muchos más con los cuales pase momentos muy especiales dentro y fuera del aula, algunos de los cuales se convirtieron en una nueva familia para mí y que gracias a su apoyo y amistad hicieron de mi estancia en la universidad una experiencia aún mejor.

Al **Equipo de futbol Americano de los Buitres de la Narro** en el cual pase muchos momentos de felicidad, pero también de tristeza que me ayudaron a ser más fuerte emocionalmente y no desistir en lo que me propongo, además de que me enseñaron el gran valor del trabajo en equipo y el compañerismo.

A **Mí** por tener la fuerza y la voluntad para siempre seguir adelante a pesar de todas las adversidades que siempre se me pusieron enfrente y superarlas de cualquier manera.

DEDICATORIAS

A **Dios** por hacer de mí una persona profesionalista y permitirme culminar mis estudios universitarios con éxito y salud.

A **mis padres**, Minerva Ríos Alvarado y Juan José Ibarra Gramillo, porque todo lo que soy y lo que tengo es gracias a ustedes ya que siempre han estado para mí en las buenas, pero sobre todo en las malas, por darme sus consejos, el apoyo y el amor que nunca me han faltado, por confiar siempre en mí y en mis capacidades, por nunca dejarme solo a pesar de la distancia que nos separa y por el gran esfuerzo que sé que tuvieron que hacer para que yo lograra este sueño, esto es para ustedes.

A **mis hermanos**, Isaac y Stefania, los cuales siempre han sido mi motivo e inspiración para seguir adelante, tratando de darles siempre el mejor ejemplo, por darme su amor y apoyo incondicional en cualquier problema y por ser los mejores hermanos que pude haber tenido.

A **mis abuelos**, papá Chencho y mamá Pepa, por darme el cariño que siempre tuve y haberme enseñado valores tan importantes como es el respeto, la honestidad y la perseverancia para poder lograr mis metas.

A **mi familia**, tíos, primos, sobrinos, por darme su apoyo incondicional y por siempre alentarme a ser mejor persona y profesionalista.

RESUMEN

En el norte de México, y en particular en la Comarca Lagunera, los caprinos en su mayoría habitan bajo un sistema de producción de tipo semi-extensivo, en el cual machos y hembras son expuestos a los rayos solares y temperaturas elevadas por 8 horas diariamente. Estos factores medioambientales podrían reducir la fertilidad de los machos cabríos. El objetivo de este estudio fue determinar si los machos cabríos expuestos a los rayos solares reducen su capacidad para fertilizar a las hembras. Durante 16 meses, los machos del grupo control se alojaron en un corral sombreado ($n = 5$), mientras que los machos experimentales se alojaron en un corral sin sombra ($n = 5$). Los machos de ambos grupos se alimentaron con 2 kg de heno de alfalfa/día/animal. Las hembras multíparas y anovulatorias se asignaron a dos grupos ($n = 49$ cada uno) homogéneos en condición corporal (2.6 ± 0.1). Ambos grupos se alojaron en corrales sombreados y permanecieron estabulados durante el contacto con machos que duró 15 días. Dos días antes del contacto con los machos, todas las hembras recibieron por vía IM 25 mg de progesterona para evitar los ciclos ovulatorios de corta duración. El 22 de junio, un grupo de hembras se puso en contacto con machos control y el otro con machos experimentales. Los porcentajes de preñez y de partos se compararon con prueba de Chi². El porcentaje de hembras gestantes fue mayor en las expuestas a los machos control (85%) que en las expuestas a los machos experimentales (67%; $P < 0.05$). El porcentaje de hembras que parieron fue mayor en las expuestas a los machos control (79%) que en las expuestas a los

machos experimentales (48%; $P < 0.001$). Se concluye que los machos expuestos a los rayos solares tienen menor capacidad para fertilizar a las hembras que los machos alojados en corrales sombreados.

Palabras clave: Caprinos, Estacionalidad sexual, Efecto macho, Sistema de producción en estabulación, Subtrópico

ÍNDICE

	Págs.
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS.....	iii
RESUMEN.....	iv
ÍNDICE.....	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1 La estacionalidad reproductiva de los machos cabríos es regulada por el fotoperiodo.....	2
2.2 El estado nutricional de los machos cabríos modula su estacionalidad reproductiva	3
2.3 Características del sistema de producción semi-extensivo y descripción climática de la Comarca Lagunera.....	4
2.4 Efectos de la exposición a radiaciones solares y temperaturas elevadas sobre la reproducción	5
Hembras	5
Machos	6
2.5 Objetivo	7
2.6 Hipótesis	7
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
3.1 Grupos experimentales.....	7
Machos Cabríos.....	8
Hembras	8
Efecto Macho	9
3.2 Variables a determinar	9
Tasa de preñez	9
Tasa de fertilidad	9
3.3 Análisis estadístico	9
4. RESULTADOS.....	10
4.1 Tasas de preñez.....	10
4.2 Tasa de fertilidad	10
5. DISCUSIÓN	10

6. CONCLUSIÓN.....	12
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13

1. INTRODUCCIÓN

La fertilidad en los machos es trascendental para lograr el éxito reproductivo (Ranjan et al., 2020). Es bien conocido que existe una relación entre las condiciones ambientales y la reproducción animal (Küçük y Aksoy, 2020). En los machos caprinos nativos del subtrópico mexicano, la actividad reproductiva inicia a principios de verano y termina a finales de otoño (Delgadillo et al., 1999). Dicha estacionalidad reproductiva se debe principalmente a los cambios fotoperiódicos anuales (Delgadillo et al., 2004). Aunque, factores como la subnutrición o la exposición prolongada a los rayos solares pueden reducir de manera importante la actividad endócrina y sexual de los machos cabríos. Ciertamente los machos cabríos subnutridos en temporada reproductiva muestran una disminución en el diámetro testicular, en la producción espermática y la fertilidad (Walkden-Brown et al., 1994). Asimismo, la exposición prolongada a las radiaciones solares reduce de manera importante la motilidad espermática, la fertilidad, y un incremento en las anomalías espermáticas de los machos cabríos bajo sistema de producción semi-extensivo (García-Cruz et al., 2022).

Este sistema semi-extensivo ha sido caracterizado como un sistema de producción de pastoreo sedentario, en el que todos los días se utiliza la misma ruta para salir a pastoreo. La producción está orientada a la venta de leche, de cabrito y en menor proporción a la venta de animales adultos, generalmente los desechos (Hoyos et al., 1992). Bajo este sistema, la mayoría de los caprinos

locales (90%) se alimentan únicamente de la flora natural de los agostaderos, los machos y las hembras salen al campo por la mañana y regresan por la tarde. En la noche son alojados en instalaciones abiertas. Por lo general, las hembras y los machos, no reciben ninguna suplementación y permanecen juntos todo el año (Delgadillo et al., 2012).

Los animales diariamente pasan en promedio 8 horas en pastoreo expuestos directamente a altas temperaturas y los rayos solares. La Comarca Lagunera (26°N), es una zona donde llueve poco, el clima de la región es seco, la temperatura es cálida durante casi todo el año aunado a las prolongadas horas de exposición al sol que enfrentan estos animales podrían ser factores que exacerbaban el deterioro de la calidad espermática de los machos (García-Cruz et al., 2022). Considerando los efectos negativos de la subnutrición sobre la actividad endócrina y sexual de los machos cabríos, el objetivo de este estudio fue determinar la capacidad de los machos cabríos bien alimentados para fertilizar a las hembras cuando son mantenidos en corrales provistos de sombra o expuestos a los rayos solares

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 La estacionalidad reproductiva de los machos cabríos es regulada por el fotoperiodo

La estacionalidad reproductiva es una característica de algunas razas caprinas originarias o adaptadas a las latitudes subtropicales (Delgadillo et al., 2012). En efecto, en los machos cabríos de la Comarca Lagunera ubicada en el norte subtropical de México (Latitud 26°23'; Longitud 104°47' O), la estación sexual inicia en junio y culmina en diciembre, mientras que el reposo sexual inicia en enero y culmina en mayo (Delgadillo et al., 1999). En las hembras caprinas de esta Comarca separadas de los machos, la estación sexual inicia en septiembre y culmina en febrero, mientras que el reposo sexual estacional o anestro inicia en marzo y termina en agosto (Duarte et al., 2008). La estacionalidad sexual de los caprinos de la Comarca Lagunera como la de los caprinos de latitudes templadas, es determinada principalmente por los cambios anuales del fotoperiodo (Chemineau et al., 1992; Delgadillo et al., 2004; Duarte et al., 2010). Por ello, la actividad sexual de machos y hembras puede ser estimulada durante los periodos de reposo sexual utilizando técnicas no hormonales (Chemineau et al., 1992; Delgadillo, 2012; Zarazaga et al., 2019).

2.2 El estado nutricional de los machos cabríos modula su estacionalidad reproductiva

El factor nutrición puede tener un efecto sobre la estacionalidad reproductiva de los caprinos y modificarla. Así sucede en los machos cashmere con desnutrición, en los que la duración de la estación sexual se acorta, la concentración plasmática de testosterona y el tamaño de los testículos son menores, y se reducen antes, comparados con machos bien nutridos. Además, los machos desnutridos tienen menor intensidad de la libido y menor cantidad y

calidad de producción espermática durante la temporada sexual que los machos bien nutridos (Walkden-Brown et al., 1994). De manera similar, en machos cabríos de la Comarca Lagunera sometidos a días largos durante el reposo para estimular la actividad sexual, los machos subnutridos tienen menor circunferencia escrotal y menor libido, comparados con machos bien nutridos (Delgadillo et al., 2020). Estos resultados denotan que la desnutrición cambia significativamente la estacionalidad sexual de los machos cabríos.

2.3 Características del sistema de producción semi-extensivo y descripción climática de la Comarca Lagunera

La gran mayoría de los hatos de cabras en el norte de México, y particularmente en la Comarca de Lagunera, se encuentran en un sistema de producción semi-extensivo, en el cual machos y hembras permanecen juntos todo el año. En este sistema, los animales se alimentan principalmente de la vegetación nativa de los agostaderos, y para ello recorren cada día, durante unas 8 horas, distancias de 5 a 8 kilómetros, con temperaturas cercanas a los 38-40 °C de mayo a agosto. Por la noche, los animales se alojan en corrales rústicos (Andrade-Esparza et al., 2018; García-Cruz et al., 2022). La disponibilidad de la vegetación en los agostaderos depende de la precipitación pluvial de la región, por lo cual, en el periodo de sequía (noviembre-junio) disminuye de manera considerable, y los animales se encuentran en un estado de subnutrición (Delgadillo, 2012; García-Cruz et al., 2022).

2.4 Efectos de la exposición a radiaciones solares y temperaturas elevadas sobre la reproducción

Hembras

La exposición a radiaciones solares y temperaturas elevadas (estrés calórico) afecta la actividad reproductiva de ovejas y vacas. En las ovejas existen estudios de campo y en cámaras térmicas que demuestran los efectos deletéreos de temperaturas por encima de los 32 °C, disminuyendo la actividad sexual y fertilidad, siendo los daños más severos cuando el estrés calórico ocurre en los cinco días previos o posteriores a la cópula (Van Wettere et al., 2021). En las vacas, Stott (1961) estudió 2 conjuntos de registros de reproducción: (1) vacas Jersey, Holstein y Gersey inseminadas en Arizona con semen recolectado en California, Ohio y Arizona; y (2) vacas inseminadas dentro o fuera de Arizona al mismo tiempo del verano con semen del mismo toro en California. Encontró que, independientemente de la fuente del semen, las vacas de Arizona mostraron una disminución sustancial en la eficiencia reproductiva durante los meses de verano; además, las vacas que se criaron fuera de Arizona tenían un nivel de fertilidad más alto que las criadas en ese estado usando el mismo semen. El autor concluyó que los efectos del estrés calórico fue el principal causante de la disminución de la fertilidad en el verano (Stott, 1961).

El grupo del doctor Thatcher de la Universidad de Florida describió las conexiones entre la alteración de la secreción hormonal y el desarrollo folicular durante el estrés por calor en verano (Badinga et al., 1993). En uno de sus

estudios, las vacas lactantes fueron asignadas a un grupo con sombra y con sistema de enfriamiento con aspersor-ventilador, o a otro grupo sin sistema de sombra, después de la sincronización del celo. Las vacas sin sombra tuvieron una primera ola de folículos dominantes más pequeña y menos volumen de líquido folicular a los 8 días del ciclo estral. En contraste, los folículos subordinados eran más grandes y contenían más líquido folicular en vacas sin sombra, lo que sugiere una alteración de la dominancia folicular en vacas estresadas por calor. El estradiol en plasma y los fluidos foliculares dominantes de la primera ola disminuyeron, en vacas sin sombra, desde el principio de verano (julio) hasta finales (septiembre) del estudio (Badinga et al., 1993)

Machos

La exposición a radiaciones solares y/o altas temperaturas disminuye la libido, la producción espermática cuantitativa (volumen, concentración y número total de espermatozoides por eyaculado) y cualitativa (motilidad progresiva, viabilidad y anormalidades espermáticas), así como la fertilidad de los carneros, bovinos y caprinos. Los carneros originarios del desierto de Sudán expuestos a los rayos solares y a las temperaturas medioambientales cálidas de verano, tienen una menor calidad espermática a partir de la tercera semana de exposición solar. Bajo estas condiciones, los machos exhiben un menor volumen seminal, concentración espermática y motilidad espermática masal comparados con carneros provistos de sombras. En el mismo sentido, estos mismos carneros expuestos a los rayos solares exhiben un mayor porcentaje de células anormales a partir de la segunda semana de exposición (Mohamed et

al., 2012). Asimismo, los carneros locales del norte de la Patagonia tienen una menor fertilidad en los meses cálidos del verano (Armengol et al., 2018). Los mismos resultados han sido descrito en bovinos y caprinos expuestos a los rayos solares de manera prolongada (Erb et al., 1942; Arman et al., 2006; Murugaiyah, 1993). En machos cabríos mantenidos en un sistema de producción semi-extensivo en la Comarca Lagunera, y por tanto, subnutridos y expuestos a los rayos solares al menos 8 horas por día, se redujo la libido y la producción espermática cuantitativa y cualitativa (García-Cruz et al., 2022). Sin embargo, no se sabe si estas reducciones 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 los machos cabríos bien nutridos expuestos a los rayos solares reducen su capacidad para fertilizar a las hembras.

2.6 Hipótesis

Los machos cabríos bien nutridos expuestos a los rayos solares reducen su capacidad para fertilizar a las hembras.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Grupos experimentales

Machos Cabríos

Se utilizaron machos cabríos que tenían 4 años de edad al inicio del estudio. Los machos se dividieron en dos grupos ($n= 5$ cada uno) homogéneos en cuanto a peso corporal (PC). Los machos del grupo control se alojaron durante 16 meses en un corral sombreado (6 x 6 m; PC: 83 ± 3 kg). Los machos del grupo experimental (PC: 81 ± 3 kg) se mantuvieron en un corral sin sombra (6 x 6 m) por el mismo tiempo. Todos los machos se alimentaron diariamente con 2 kg de heno de alfalfa por animal (2.3 Mcal/kg, 18% PC por kg de materia seca). Las sales minerales y el agua se suministraron a libre acceso.

Hembras

Se utilizaron cabras multíparas anovulatorias sin contacto con machos desde diciembre y hasta el 22 de junio siguiente. El 30 de mayo, 10 y 20 de junio se determinó el estado ovulatorio de las hembras mediante ultrasonografía transrectal utilizando el dispositivo Aloka SSD-500 (Aloka Co., Ltd., Tokio, Japón) conectado a un transductor rectal de 7.5 MHz (Simões et al., 2007). Las hembras sin cuerpo lúteo en las tres observaciones se consideraron anovulatorias. Solo se utilizaron para el estudio hembras diagnosticadas como anovulatorias. Las hembras se asignaron a dos grupos ($n= 49$ cada uno) balanceados según su condición corporal (2.6 ± 0.1 en ambos grupos) utilizando la escala 1 (muy delgada) a 4 (obesa) (Walkden-Brown et al., 1997). Cada grupo de hembras fue subdividido y asignado en 5 subgrupos y alojados en corrales de 4 x 4 m sombreados, donde permanecieron estabulados durante el estudio ($n= 9$ o 10 hembras en cada uno). Las hembras fueron ordeñadas a

mano diariamente. Durante el estudio, las hembras se alimentaron diariamente con 2 kg de heno de alfalfa (2.3 Mcal/kg, 18% PC por kg de materia seca) y ensilaje de maíz. Además, se le ofrecieron sales minerales y agua a libre acceso.

Efecto Macho

El 20 de junio, 48 horas antes del contacto con los machos, cada hembra recibió, por vía intramuscular, 25 mg de progesterona (Facilgest 25 mg/mL; Laboratorio Syva) para reducir o suprimir la frecuencia de ciclos ovulatorios y estrales de corta duración (Andrade-Esparza et al., 2018). El 22 de junio (Día 0), un grupo de hembras se puso en contacto con machos control (n = 5), mientras que el otro grupo de hembras se puso en contacto con machos del grupo experimental (n = 5). Los machos estuvieron en contacto con las hembras durante 15 días de manera continua.

3.2 Variables a determinar

Tasa de preñez

Las tasas de preñez se determinaron por la presencia de al menos un embrión mediante ultrasonografía transrectal 40 días después de la introducción de los machos.

Tasa de fertilidad

Las tasas de fertilidad (hembras que parieron/hembras expuestas a los machos) se determinaron al momento de los partos.

3.3 Análisis estadístico

Las tasas de preñez y de la fertilidad se compararon utilizando una prueba de Chi², utilizando el programa MYSTAT. Las diferencias se consideraron significativas cuando $P \leq 0.05$.

4. RESULTADOS

4.1 Tasas de preñez

El porcentaje de hembras preñadas fue mayor en el grupo expuesto a los machos control (86%; 42/49), comparado con el grupo de hembras expuestas a los machos experimentales (67%; 33/49; $P < 0.05$).

4.2 Tasa de fertilidad

La fertilidad fue mayor en las hembras expuestas a los machos control (80%; 39/49) comparada con el grupo de hembras expuestas a los machos del grupo experimental (48%; 23/49; $P < 0.001$)

5. DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio confirman la hipótesis de que la exposición prolongada a los rayos solares disminuye la capacidad de los machos cabríos para fertilizar a las hembras. En efecto, la fertilidad de las hembras fue mayor en las expuestas a los machos control que en aquellas expuestas a los machos

experimentales. Estos resultados son importantes desde el punto de vista práctico, porque indican que en los caprinos mantenidos en los sistemas de producción semi-extensivos, en los que son expuestos a los rayos solares la mayor parte del día, la fertilidad de los machos disminuye considerablemente.

En el presente estudio, la fertilidad de las hembras expuestas a los machos experimentales fue menor que en las expuestas a machos control. Estos resultados coinciden con los reportados en carneros expuestos a las temperaturas cálidas del verano, en los cuales disminuye la producción espermática cuantitativa y cualitativa y, en consecuencia, disminuye la fertilidad (Armengol et al., 2018). En los machos cabríos de la raza Barbari expuestos a rayos solares y temperaturas ambientales elevadas, por encima de 40 °C, disminuyen considerablemente la motilidad espermática, el porcentaje de espermatozoides vivos y la funcionalidad de la membrana espermática, mientras que aumentan las anomalías espermáticas (Ranjan et al., 2020). En el presente estudio, no se determinó la producción espermática de los machos control y experimentales. Sin embargo, es probable que la disminución de la fertilidad de los machos experimentales se haya debido a una dramática disminución de la producción cuantitativa y cualitativa de los espermatozoides, similar a la reportada recientemente en los machos mantenidos en un sistema de producción semi-extensivo en la Comarca Lagunera (García-Cruz et al., 2022). Los resultados del presente estudio y los de García-Cruz et al. (2022) sugieren que, la reducción del tiempo de exposición diaria de los machos a los rayos solares, podría mejorar su fertilidad.

En los sistemas de producción semi-extensivos, los machos son expuestos a los rayos solares, por al menos 7 horas diarias. En el presente estudio, el tiempo de exposición de los machos experimentales a los rayos solares, fue similar a la que ocurre en los sistemas semi-extensivos. La diferencia de fertilidad entre los grupos de hembras, se debe, por tanto, a la capacidad de los machos para fertilizar a las hembras. Esta hipótesis se basa en el hecho de que antes del inicio del contacto macho-hembras, las hembras de ambos grupos recibieron el mismo manejo. En efecto, existen evidencias de que, en los machos expuestos a altas temperaturas, debido a la exposición a los rayos solares, la fertilidad disminuye porque aumenta la apoptosis de los espermatozoides, reduciendo así la motilidad progresiva de éstos, lo que modifica su capacidad para fusionarse con el ovocito. Además, esta exposición daña el ADN de los espermatozoides, lo que aumenta la probabilidad de pérdidas embrionarias (Espinosa y Córdova, 2018).

6. CONCLUSIÓN.

La exposición prolongada a los rayos solares disminuye la capacidad de los machos cabríos para fertilizar las hembras.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade-Esparza, J. D., Espinoza-Flores, L. A., Hernández, H., Cheminau, 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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.10.004>

Arman, C., Quintana Casares, P. I., Sánchez-Partida, L. G., Setchell, B. P. (2006). Ram sperm motility after intermittent scrotal insulation evaluated by manual and computer-assisted methods. *Asian Journal of Andrology*. 8 (4), 411-418.

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. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2018.112285>

Badinga, L., Thatcher, W. W., Díaz, T., Drost, M., Wolfenson, D. (1993). Effect of environmental heat stress on follicular development and steroidogenesis in lactating Holstein cows. *Theriogenology*. 39 (4), 797-810.

Chemineau, P., Daveau, A., Maurice, F., Delgadillo, J. A. (1992). Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Ruminant Research*. 8 (4), 299-312.

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. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(99\)00166-1](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(99)00166-1)

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. [10.1051/rnd:2004024](https://doi.org/10.1051/rnd:2004024)

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., A. Lemiére., 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, 1-8. <https://doi.org/10.1017/s1751731120001329>

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.

Duarte, G., M. P. Nava-Hernandez, B. Malpaux., J. A. Delgadillo (2010). "Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to photoperiod." *Animal Reproduction Science*. 120, 65-70.

Espinosa-Cervantes, R., 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.
<http://dx.doi.org/10.5209/RCCV.61018>

Erb, R. E., Andrews, F. N., Hilton, J. H. (1942). Seasonal variation in semen quality of the dairy bull. *Journal of Dairy Science*. 25 (9), 815-826.

García-Cruz, O. U., Tejada, L M., Flores, M. J., Nava-Rivera, L. E., Loéz-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. <https://doi.org/10.1071/AN22066>.

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

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. <https://doi.org/10.12681/jhvms.22968>.

Mohammed, S. S., Abdelatif, A. M., Adam, A. A. G. (2012). Effects of exposure to solar radiation on thermoregulation and semen characteristics of sudanese desert rams (*ovis aries*). *Global Veterinaria*. 9 (4), 502-507. [10.5829/idosi.gv.2012.9.4.65180](https://doi.org/10.5829/idosi.gv.2012.9.4.65180).

Murugaiyah, M. (1993). Studies on the semen characteristics of kambing Katcang crossbred bucks. *Mardi Research Journal*. 21 (1), 77–84.

National Research Council (NRC) (2007). Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids, National Academic Press, Washington, DC, USA.

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, 106263. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106263>.

Simões, J., Almeida, J. C., Baril, G., Azevedo, J., Fontes, P., Mascarenhas, R. (2007). Assessment of luteal function by ultrasonographic appearance and measurement of corpora lutea in goats. *Animal Reproduction Science*. 97 (1-2), 36-46. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.01.006>.

Stott, G. H. (1961). Female and breed associated with seasonal fertility variation in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 44 (9), 1698-1704.

Van Wettere, W. H., Kind, K. L., Gatford, K. L., Swinbourne, A. M., Leu, S. T., Hayman, P. T., Walker, S. K. (2021). Review of the impact of heat stress on reproductive performance of sheep. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 12, 1-18.

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. 10.1530/jrf.0.1000521.

Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Scaramuzzi, R.J., Martin, G.B., Blackberry, M.A. (1997). Seasonality in male Australian cashmere goats: long term effects of castration and testosterone or estradiol treatment on changes in LH, FSH and prolactin concentrations, and body growth. *Small Ruminant Research*. 26, 239-52.

Zarazaga, L. A., Gatica, M. C., Hernández, H., Chemineau, P., Delgadillo, J. A., Guzmán, J. L. (2019). Photoperiod-treated bucks are equal to melatonin-treated bucks for inducing reproductive behavior and physiological functions via the “male effect” in Mediterranean goats. *Animal Reproduction Science*. 202, 58-64.