

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



Los machos cabríos bien alimentados y bajo estrés calórico severo reducen su capacidad para fertilizar a las cabras

Por:

**Ana Luisa Martínez Aguirre**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Torreón, Coahuila, México  
Junio 2025

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

Los machos cabríos bien alimentados y bajo estrés calórico severo reducen su  
capacidad para fertilizar a las cabras

Por:

**Ana Luisa Martínez Aguirre**

TESIS

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

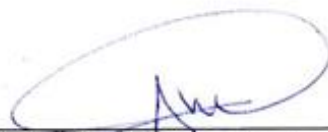
**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por:



Dra. Luz María Tejada Ugarte

Presidente



M.C. José Luis Francisco Sandoval Elias

Vocal



M.C. Luis Roberto Zivec Gaxiola

Vocal



M.C. Jorge Luis Cortinas Salazar

Vocal Suplente externo



M.C. José Luis Francisco Sandoval Elias

Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México

Junio 2025

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

Los machos cabríos bien alimentados y bajo estrés calórico severo reducen su capacidad  
para fertilizar a las cabras

Por:

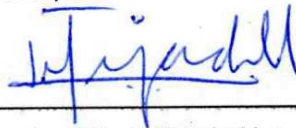
**Ana Luisa Martínez Aguirre**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por el comité de asesoría:



Dra. Luz María Tejada Ugarte

Asesor Principal



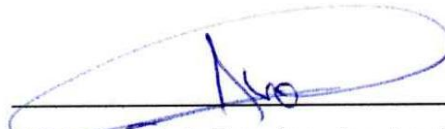
M.C. José Luis Francisco Sandoval Elías

Coasesor



M.C. Luis Roberto Zivec Gaxiola

Coasesor



M.C. José Luis Francisco Sandoval Elías

Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México

Junio 2025



## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido fundamentales en mi camino hacia la culminación de esta tesis.

Gracias a la guía de Dios y al apoyo incondicional de mi familia y amigos.

A mi padre, Edual, sin su apoyo y motivación esto no hubiera sido posible. Su impulso y sostén en momentos difíciles me dieron la fuerza para seguir adelante. Gracias por creer en mí y por ser mi roca.

A mi madre, Rocío, tus palabras de aliento cada mañana antes de empezar la escuela dieron la energía y la motivación para enfrentar cada desafío. Tu amor y apoyo incondicional son el motor que me impulsa a seguir adelante.

A mi hermana, Jaquelinne, gracias por estar siempre ahí, apoyándome y animándome a seguir adelante. Tu presencia en mi vida es un regalo.

A mi abuelita Imelda, gracias por su apoyo incondicional y por ser una fuente de amor y sabiduría en mi vida.

A mi abuelito Rayo, mi ángel de la guarda, esto va dedicado a usted. Aunque ya no este físicamente presente, su espíritu y amor me han guiado en este camino.

A mi prometido Ulises, gracias por todo. Tu amor, apoyo y comprensión han sido fundamentales en este proceso. Gracias por ser mi compañero de vida y por creer en mí. Te amo

Dra. Luz María, gracias por hacer esto posible. Su fe en mí y confianza plena han sido un regalo invaluable. Agradezco cada momento que hemos compartido y cada muestra de paciencia. La quiero mucho y la llevo siempre en mi corazón.

A mi mejor amiga Ezly Palomares, gracias por ser mi roca mi fuerte en todos estos años. Tu presencia y apoyo han sido una constante en mi vida, y te agradezco por no dejarme y por estar presente en cada situación, buena o mala. Tu amistad y amor son un tesoro para mí.

A mis amigas, Arely Bernabé, Angelica Vargas, Mariana Lomas, Mariana Puga, gracias por su amistad sincera y por ser parte de mi vida. Las llevo siempre en mi corazón y valoro profundamente los momentos que hemos compartido juntas.

A todos, gracias por ser parte de este logro. Esta tesis es un reflejo de su amor y apoyo y espero que se sientan orgullosos de mí.

## **DEDICATORIAS**

A todas las personas que creyeron en mí y me apoyaron en este camino, les quiero expresar mi mas sincero agradecimiento. Su fe, cariño y confianza en mí han sido fundamentales para lograr la culminación de este proyecto.

En especial, quiero agradecer a mis seres queridos:

A mis padres, Edual Jeanne Martínez Peinado y Rocío Verónica Aguirre García, por su amor y apoyo incondicional.

A mi hermana Jaqueline, por estar siempre ahí para mí.

A mi prometido, por su amor, gracias por estar a mi lado en cada paso del camino.

## ÍNDICE

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| RESUMEN .....                                                                                                   | iv |
| INTRODUCCIÓN .....                                                                                              | 1  |
| REVISIÓN DE LITERATURA.....                                                                                     | 2  |
| Actividad reproductiva y desempeño reproductivo de los caprinos en<br>condiciones subtropicales mexicanas. .... | 2  |
| Efecto de la subnutrición en los machos. ....                                                                   | 3  |
| Impacto del estrés térmicos en la capacidad reproductiva de los machos. ....                                    | 4  |
| MATERIALES Y MÉTODOS .....                                                                                      | 6  |
| 3.1 Localización del estudio .....                                                                              | 6  |
| 3.2 Grupos de prueba y el tipo de sistema de producción .....                                                   | 6  |
| <i>Temperatura rectal y frecuencia respiratoria</i> .....                                                       | 7  |
| Evaluación del stress calórico .....                                                                            | 7  |
| Empadre .....                                                                                                   | 7  |
| 3.4 Efecto macho .....                                                                                          | 8  |
| Análisis estadísticos, prueba de anova.....                                                                     | 9  |
| RESULTADOS .....                                                                                                | 9  |
| DISCUSIÓN .....                                                                                                 | 13 |
| CONCLUSIÓN.....                                                                                                 | 15 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                                                                 | 16 |

## RESUMEN

En el subtrópico mexicano la mayoría de las cabras están bajo un sistema semi-extenso, la exposición intensa y continua a la luz solar que afecta directamente a los animales puede disminuir la calidad de los espermatozoides y la fertilidad en los machos. Este estudio tuvo como propósito identificar de marzo a febrero, el grado de estrés calórico y la capacidad para fertilizar a las hembras anovulatorias. Un grupo de machos (n=5) fue alojado en corrales sombreados durante el periodo experimental. Otro grupo de machos (n=5) permaneció en corrales expuestos directamente a la Luz solar desprovistos de sombra. Los machos de ambos grupos fueron alimentados con una dieta completa y equilibrada para cubrir sus necesidades nutricionales específicas. La temperatura ambiental y la frecuencia respiratoria se midió visualmente contando el movimiento del flanco durante un minuto a una distancia sin obstrucciones de 3 m con el animal de pie en silencio y el grado de estrés por calor se clasificó según la frecuencia de jadeo: baja: 40-60 respiraciones por minuto, esto se determinó de marzo a febrero. Los machos control se mantuvieron en estrés por calor de bajo a medio durante todo el estudio, excepto en agosto, mientras que el grupo experimental estaba en estrés por calor de alto a severo, excepto en diciembre. Sin embargo, la fertilidad fue mayor en el grupo de machos de control, en comparación con el grupo experimental ( $P < 0,05$ ). Podemos concluir que los machos expuestos a la luz solar muestran estrés calórico severo y menor fertilidad, en comparación con los machos provistos de sombra. La temperatura ambiental en el corral sombreado la temperatura ambiental máxima durante la mayor parte del año fue de 37 °C desde abril hasta septiembre. En

octubre, la temperatura ambiental comenzó a disminuir gradualmente, alcanzando temperaturas cercanas a los 35 °C en noviembre. En el grupo experimental fue extremadamente alta, superando los 43 °C desde abril hasta septiembre. Agosto fue el mes mas caluroso, con un máximo registrado de 50 °C. A partir de octubre, la temperatura comenzó a disminuir gradualmente, con una temperatura semanal promedio de 41 °C.

**Palabras clave:** Estrés calórico, Nutrición, Subtrópico mexicano, Caprinos, Luz solar

## INTRODUCCIÓN

En el subtrópico del norte de México, los machos cabríos se pertenecen mayormente al sistema de producción semi-extensivo. En este sistema, las cabras y los machos recorren diariamente entre 6 a 9 kilómetros en ruta buscando alimento (Andrade-Esparza *et al.*, 2018). Los animales dedican alrededor de 8 horas diarias al pastoreo, durante los cuales están expuestos a elevadas temperaturas y a la radiación solar. La comarca lagunera, ubicada a los 26° de latitud norte, se caracteriza por un clima seco y escasas precipitaciones, con temperaturas cálidas durante la mayor parte del año. Estas condiciones, junto con la prolongada exposición solar, podrían contribuir al deterioro de la calidad del esperma en machos. Hay factores como el estado nutricional de los machos que podrían modificar la eficacia reproductiva del macho (García-Cruz *et al.*, 2022).

La fertilidad de los machos es un factor clave para alcanzar el éxito reproductivo (Ranjan *et al.*, 2020). Está ampliamente documentado que las condiciones del entorno influyen en la producción animal (Kucuk y Aksoy, 2020). Se ha observado que los machos cabrios con deficiencia nutricional durante la época reproductiva representa una reducción en el tamaño testicular, que a su vez es menor producción de esperma, disminución en la fertilidad y un aumento en las anomalías espermáticas, especialmente en sistema de producción semi-extensivos (García-Cruz *et al.*, 2022). La exposición diaria a los rayos solares, ejercen un fuerte estrés ya que disminuye la actividad endocrina conjunto el comportamiento sexual (Andrade-Esparza *et al.*, 2018). Por ejemplo, la fisiología reproductiva de las vacas se ve afectada por la temperatura ambiental en climas tropicales. Se ha comprobado

que las altas temperaturas perjudican la reproducción en esta especie, incluyendo la ovulación, la gestación, el parto y la recuperación del postparto (Martínez *et al.*, 2006).

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **Actividad reproductiva y desempeño reproductivo de los caprinos en condiciones subtropicales mexicanas.**

La estacionalidad en la reproducción es una característica de ciertas razas de cabras que son originarias o se han adaptado a las regiones subtropicales. En el subtrópico australiano la actividad gonadal de los machos cabrios de la raza cashmere comienza antes en aquellos bien alimentados que, en los subalimentados, siendo la nutrición del animal un factor determinante. En el subtrópico mexicano se observa una estacionalidad en los partos en las hembras locales criadas en un sistema de producción extensiva, con la mayoría de los partos ocurriendo entre noviembre y febrero, lo que señala que la actividad sexual comienza en junio. En los machos cabrios originarios de la Comarca Lagunera (26°N) mantenidos en un sistema de producción, se presentan variaciones estacionales en el tamaño testicular. El descanso sexual se presenta en enero a junio, mientras que en las hembras el periodo de anestro sexual comienza en marzo y finaliza en agosto. En ambos sexos, esta estacionalidad es causada por los

cambios en la duración del día. Los días mas cortos fomentan la actividad sexual, mientras que los días largos la reducen (Delgadillo *et al.*, 2003).

El fotoperiodo es el factor ambiental clave que regula la actividad reproductiva en los caprinos, siendo interpretado por el animal a través de los cambios en la secreción de la melatonina. Los caprinos muestran variaciones en su actividad reproductiva a lo largo del año en función del fotoperiodo, de modo que los días más cortos favorecen su actividad reproductiva, lo que lleva a una reproducción estacional y a importantes variaciones en sus producciones durante el año (Gatica *et al.*, 2012).

#### **Efecto de la subnutrición en los machos.**

Diversos autores han planteado que la alimentación es el principal factor que influye en la actividad sexual en estas regiones. Por ejemplo, en el trópico australiano, la función gonadal de los machos de raza Cashmere esta influenciada principalmente por su estado nutricional, de modo que los ejemplares bien alimentados inician su actividad sexual antes que aquellos con deficiencias alimenticias (Delgadillo *et al.*, 2003).

En la Comarca Lagunera, la etapa de la inactividad sexual en los machos ocurre durante la época de sequía, la cual se caracteriza por una marcada reducción de la disponibilidad y la calidad del forraje. Esta deficiencia alimenticia es la principal causa de la falta de actividad sexual en este periodo (Delgadillo *et al.*, 2003).

Similarmente en machos mantenidos en sistemas extensivos de pastoreo, la exposición a un tratamiento de fotoperiodo de 2.5 meses con días largos, seguido de luz natural, provoca un aumento en la intensidad del olor y en el peso testicular, observándose este efecto a partir de la quinta semana tras finalizar el tratamiento lumínico (Cruz- Castrejón *et al.*, 2007). No obstante, otros factores ambientales, como la disponibilidad de alimento, puede influir en la calidad de la respuesta reproductiva al tratamiento. En razas como Cashmere, la nutrición actúa como un importante modulador del inicio de la actividad sexual (Martin *et al.*, 2010). En estas razas, la respuesta reproductiva esta estrechamente ligada al estado nutricional, el cual puede evaluarse en dos niveles: uno a corto plazo (<10 días) donde la nutrición afecta principalmente al sistema regulador de la secreción de gonadotropinas (Martin *et al.*, 1994), y otro a largo plazo (>3 semanas) en el que influye sobre el peso corporal, la condición física, la circunferencia escrotal y la producción de espermática (Martin *et al.*, 2010).

### **Impacto del estrés térmicos en la capacidad reproductiva de los machos.**

La exposición prolongada a radiaciones solares puede generar un estrés significativo debido al calor, lo que a su vez afecta negativamente la actividad endocrina, la actividad sexual y la producción de esperma, tanto en cantidad como en calidad. Como resultado se observa una disminución en la fertilidad de los machos cabrios y carneros. Por ejemplo, estudios en carneros nativos de Sudán y expuestos a radiación solar directa durante el verano revelaron una reducción en la concentración plasmática de testosterona y una menor producción de espermatozoides a partir de la tercera semana de exposición. De manera similar,

carneros de la Patagonia Argentina muestran una disminución en la fertilidad durante las épocas de mayor calor durante el verano (Armengol *et al.*, 2018).

El estrés térmico se describe como el conjunto de factores ambientales externos que influyen en el animal, provocando un incremento en su temperatura corporal y desencadenando respuestas fisiológicas de adaptación. La provisión de sombra es una estrategia efectiva para reducir este estrés (Correa-Calderon *et al.*, 2022). Además las cabras experimentan cambios de comportamiento, como la reducción de la actividad y el aumento del tiempo de descanso (Gaughan, 2010). La temperatura ambiental es un factor importante que contribuye a generar estrés por calor en cabras. La humedad puede reducir la capacidad del animal para enfriarse, por lo que el sistema de aspersión o ventiladores pueden ser efectivos para reducirles el estrés. Sin embargo, el estrés por calor también puede aumentar el riesgo de afecciones en los animales, como la deshidratación y el cansancio extremo. Por ello, es fundamental garantizar el acceso a agua fresca para ayudar a las cabras a mantenerse hidratadas y reducir el estrés (West, 2003). Además del manejo ambiental, la nutrición desempeña una función fundamental en la reducción del estrés por calor en cabras, la alimentación en horas frescas del día puede ayudar a reducir el estrés, ya que las cabras tienden a comer más durante estas horas y evitan el aumento de la temperatura corporal, asociado con la digestión. En bovinos se ha documentado que una alternativa para mitigar los efectos del estrés calórico es ofrecer alimentos más nutritivos y digestivos en las horas mas frescas del día, como al amanecer o al anochecer (Renaudeau *et al.*, 2012). En climas tropicales o subtropicales, la temperatura y la humedad relativa cobran mayor importancia

(Dorado *et al.*, 2002). El seguimiento de la temperatura corporal de las cabras puede ayudar a identificar tempranamente el estrés por calor y tomar medidas para disminuirlo (Hansen *et al.*, 2004).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1 Localización del estudio**

El estudio se llevo a cabo en la región Lagunera de Coahuila, México (ubicada 26°23' N). El número de horas luz al día en esta localidad varía de 13 h con 41 min en el solsticio de verano a 10 h 19 min en el solsticio de invierno; las temperaturas medias anuales máximas y mínimas varían de 36° C entre mayo y agosto a 7° C entre diciembre y enero. La región tiene un clima árido con una precipitación anual promedio de 267 mm (promedio: 163 -504 mm) año, que generalmente ocurre entre junio y septiembre (Duarte *et al.*, 2008).

### **3.2 Grupos de prueba y el tipo de sistema de producción**

El trabajo se llevó a cabo el 15 de marzo y finalizó el 28 de febrero. Un total de 10 machos cabríos criollos originarios de la región lagunera con 6 años de edad conformaron dos grupos considerando su peso corporal y su diámetro testicular. El grupo control (peso corporal:  $71 \pm 3$  kg; diámetro testicular:  $67 \pm 3$  mm) se alojó en un corral de 6 x 7 metros provisto de sombra, mientras que el grupo experimental (peso corporal:  $72 \pm 2$ ; kg; diámetro testicular:  $66 \pm 3$  mm) se alojó en un corral de

6 x 7 metros desprovisto de sombra, por lo que se expusieron directamente a los rayos solares durante el trabajo de investigación. Los machos de ambos grupos fueron alimentados con 2kg de heno y de alfalfa de primera calidad, block de sales minerales y agua limpia *ad libitum*. Los dos grupos de machos se sometieron a la temperatura ambiental natural.

### ***Temperatura rectal y frecuencia respiratoria***

La temperatura rectal (RT) y la frecuencia respiratoria (RR) se realizaron cada 15 días a la misma hora (13:00), evitando que los animales consumieran agua o alimentos en el momento de la grabación. RT se midió con un termómetro clínico con una precisión de  $\pm 0,1$  °C durante un minuto y RR se midió visualmente contando el movimiento del flanco durante un minuto a una distancia sin obstrucciones de 3 m con el animal de pie en silencio (Gaughan *et al.*, 2009).

### **Evaluación del stress calórico**

Para determinar si los animales estaban bajo estrés por calor, el grado de estrés por calor se clasificó según la frecuencia de jadeo: baja: 40-60 respiraciones por minuto, media alta: 61 a 80, alta: 81 a 120 y estrés térmico severo: más de 200 respiraciones por minuto (Silanikove, 2000).

### **Empadre**

Se utilizaron hembras multíparas anovulatorias previamente separadas de los machos desde diciembre. El 30 de mayo, 10 y 20 de junio, el estado ovulatorio de las hembras se determinó mediante ecografía transrectal utilizando un dispositivo

Aloka SSD-500 (Aloka Co., Ltd, Tokio, Japón) conectado a una sonda lineal transrectal de 7,5 MHz (Simões *et al.*, 2007). Las hembras sin cuerpo lúteo en las tres ecografías se consideraron anovuladoras. El 19 de junio, las hembras anovulatorias fueron asignadas a dos grupos (n = 49 cada uno) equilibrados por la puntuación de la condición corporal ( $2,6 \pm 0,1$  en ambos grupos) usando una escala de 1 (delgada) a 4 (obesa; Walkden-Brown *et al.*, 1997). Cada grupo de hembras fue subdividido y asignado en 5 subgrupos (n = 9-10) y mantenido en corrales sombreados (4 x 4 m cada uno). Las hembras fueron ordeñadas una vez al día durante el estudio.

### **3.4 Efecto macho**

El 20 de junio, 48 horas antes de unirse a los machos, a cada cabra se le administró 25 mg de progesterona por vía intramuscular (Facilgest 25 mg/mL; Laboratorio Syva) para reducir la frecuencia de ciclos ovulatorios de corta duración (Andrade *et al.*, 2018). El 22 de junio (Día 0), un grupo de hembras se unió a los machos de control, mientras que el otro grupo se unió a los machos experimentales. Los machos permanecieron en contacto con las hembras durante 15 días consecutivos.

### **Fertilidad**

La fertilidad se determinó en el momento del parto.

### **Análisis estadísticos, prueba de anova**

La temperatura rectal y la respiración se analizaron utilizando (SYSTAT 13 General Linear Models (System Software, San José, CA). Usamos medidas repetidas de 2 vías para detectar diferencias entre los tratamientos. El modelo incluía tratamiento (grupo), tiempo de muestreo (meses) y la interacción entre estos factores, seguido de  $2 \times 2$  pruebas t para comparaciones en puntos individuales.

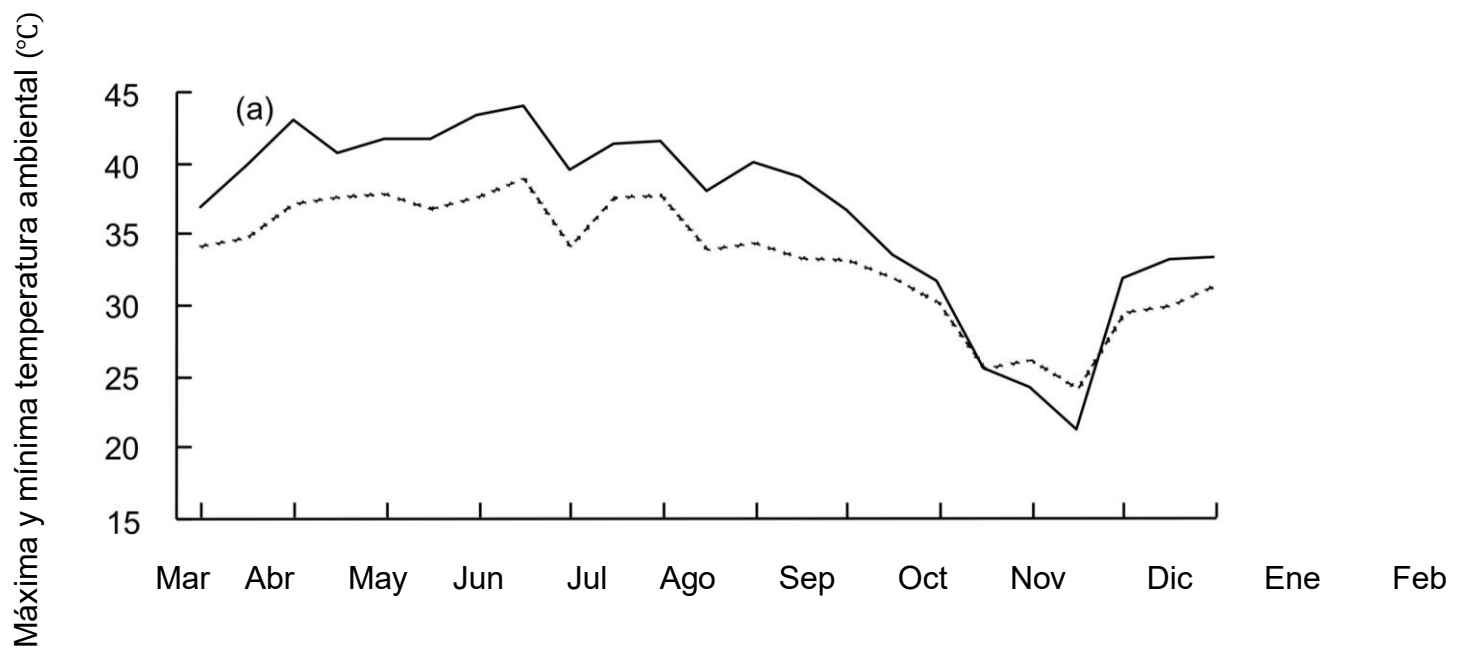
Los datos se expresaron como media  $\pm$  SEM, y las diferencias se consideraron significativas en el nivel de  $P \leq 0,05$ . La fertilidad se determinó mediante la prueba  $\chi^2$  y las diferencias se consideraron significativas en el nivel de  $P \leq 0,05$ .

## **RESULTADOS**

Condiciones climáticas prevalecientes durante el período experimental

En el corral sombreado, la temperatura ambiental fue superior a  $37^\circ\text{C}$  en los meses de abril a septiembre, más tarde en octubre la temperatura comienza a bajar hasta noviembre con temperaturas cercanas a los  $35^\circ\text{C}$ . Diciembre fue el mes más frío con una temperatura máxima de  $25^\circ\text{C}$  y un mínimo de  $-2,6^\circ\text{C}$ . En el grupo experimental, la temperatura ambiental estuvo por encima de  $43^\circ\text{C}$  de abril a septiembre, registrando las temperaturas más altas en agosto, el máximo registrado fue de  $50^\circ\text{C}$ . A partir de octubre, la temperatura semanal promedio fue de  $41^\circ\text{C}$  y disminuyó gradualmente hasta diciembre (el mes con las temperaturas más bajas), donde se registró una temperatura máxima de  $35^\circ\text{C}$  y un mínimo de  $-2,6^\circ\text{C}$ .

**Figura 1. Temperatura ambiental**

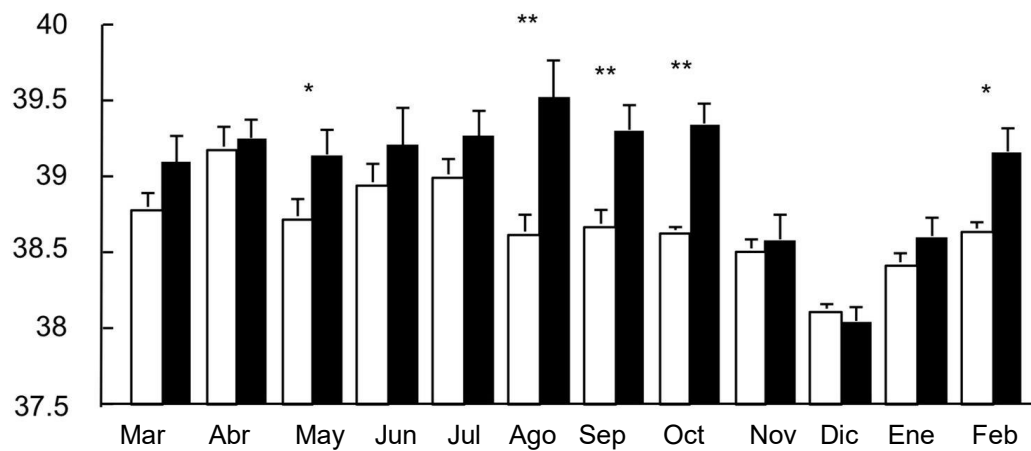


### ***Temperatura rectal y frecuencia respiratoria***

La temperatura rectal en machos cabrios y las respiraciones por minuto variaban a lo largo del tiempo ( $P < 0,0001$ ), y hubo una interacción entre el tiempo y los grupos

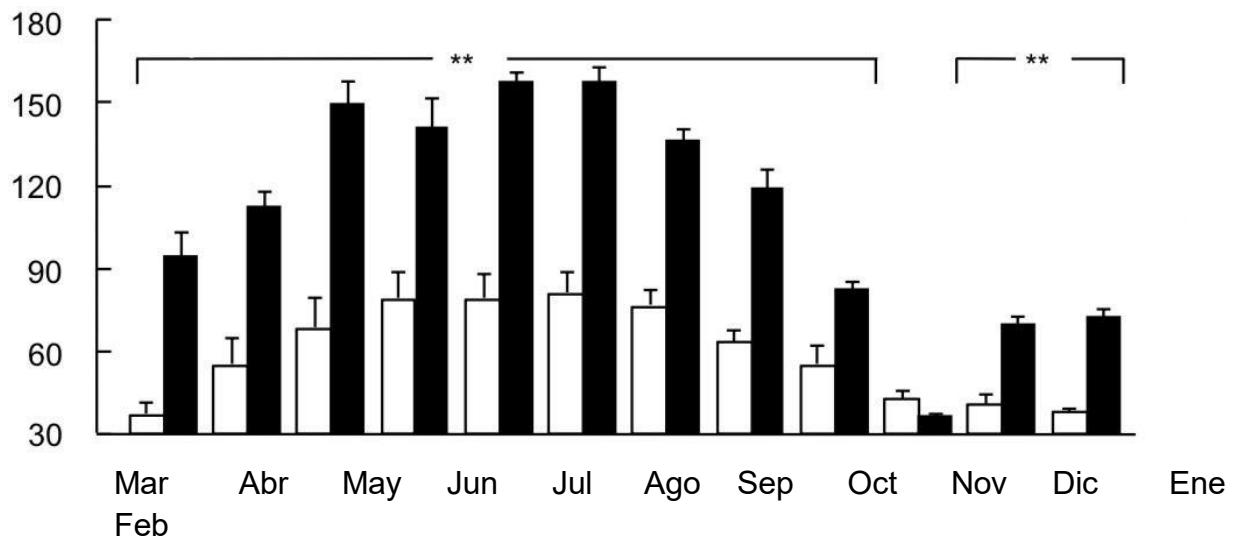
( $P < 0,001$ ; Figura 2). En el grupo experimental, la temperatura rectal fue más alta en mayo, agosto, septiembre, octubre y febrero que el grupo de control ( $P < 0,001$ ;

**Figura 2. Temperatura rectal (C°)**



La frecuencia respiratoria del grupo de machos experimentales fue mayor, en todos los meses del estudio excepto diciembre, en comparación con el grupo de control ( $P < 0,001$ ;

**Figura 3. Frecuencia respiratoria.**



### ***Evaluación del estrés térmico***

El grupo de control de machos permaneció bajo estrés por calor de bajo a medio alto durante todo el estudio, excepto en agosto, cuando aumentó a un nivel alto. Por otro lado, los machos experimentales estaban bajo estrés por calor de alto a severo durante la mayoría de los meses, excepto diciembre.

### ***Fertilidad***

La fertilidad fue mayor en los unidos con el control (79%;39/49) que en los unidos con machos experimentales (48%;24/49;  $P<0,001$ ).

**Tabla 1.** Grado de estrés térmico según la frecuencia respiratoria de machos control (proporcionados con sombra) y machos experimentales (expuestos a la luz solar) durante el estudio

Calificación de la severidad del estrés por calor según la frecuencia de jadeo: bajo: 40-60 respiraciones por minuto, medio alto: 61 a 80, alto: 81 a 120 y estrés por calor severo: más de 200 respiraciones por minuto.

## DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta investigación indican que estar expuesto directamente a la luz solar durante periodos prolongados tiene un impacto negativo en la fertilidad de los machos cabríos. Los machos expuestos a altas temperaturas ambientales y radiación solar directa experimentaron un mayor estrés por calor, lo que se reflejó en una mayor temperatura rectal y frecuencia respiratoria en comparación con los machos mantenidos en corrales sombreados.

El estrés por calor puede afectar negativamente la producción espermática y la fertilidad en machos cabríos. Se observó una disminución significativa en la fertilidad

| Grupo               | Mar  | Abr  | May          | Jun          | Jul          | Agos   | Sep          | Oct          | Nov  | Dic  | Ene          | Feb          |
|---------------------|------|------|--------------|--------------|--------------|--------|--------------|--------------|------|------|--------------|--------------|
| <b>Control</b>      | Bajo | Bajo | med-<br>alto | med-<br>alto | med-<br>alto | Alto   | med-<br>Alto | med-<br>alto | bajo | Bajo | Bajo         | Bajo         |
| <b>Experimental</b> | Alto | Alto | severo       | severo       | severo       | severo | severo       | alto         | alto | Bajo | med-<br>Alto | med-<br>alto |

de las hembras que estuvieron en contacto con los machos del grupo experimental,

en comparación con aquellas que interactúan con los machos del grupo control. Esto sugiere que el estrés por calor puede afectar la calidad del semen y, en consecuencia, la habilidad de los machos para lograr la fecundación de las hembras.

El estrés por calor en los machos rumiantes debido a la exposición prolongada al calor puede causar daño a los testículos, lo que reduce la producción de espermatozoides. El estrés calórico reduce el comportamiento sexual en los machos, lo que afecta la reproducción. También puede alterar los niveles de hormonas como la testosterona, lo que afecta la función reproductiva (Cataño *et al.*, 2014). La exposición a la radiación solar y a temperaturas elevadas que provocan estrés calórico impacta negativamente en la actividad reproductiva de ovejas y vacas. Diversos estudios, tanto de campo como en cámaras térmicas, han demostrado los efectos perjudiciales de temperaturas superiores a los 32°C, evidenciando una disminución en la actividad sexual y en la fertilidad. Estos efectos son especialmente severos cuando el estrés calórico ocurre en los cinco días previos o posteriores a la cúpula (Van Wettere *et al.*, 2021). Se considera construir estructuras de sombra permanentes o temporales para proteger a los caprinos del sol (Gaughan *et al.*, 2009), acceso a agua fresca y limpia puede ayudar a regular su temperatura corporal (Silanikove, 2000). Limitar la exposición solar durante las horas mas calurosas del día y proporcionar sombra durante este tiempo (Kedall *et al.*, 2006).

**CONCLUSIÓN.**

La exposición continua a la luz por largos periodos de tiempo puede tener un impacto negativo en la fertilidad de los machos cabríos debido al estrés por calor. Los productores de ganado caprino en regiones cálidas y soleadas deben considerar proporcionar sombra y medidas de enfriamiento para reducir el estrés por calor en los machos y mejorar su fertilidad. Esto puede ser especialmente importante en regiones con climas áridos o semiáridos, donde las temperaturas ambientales pueden ser extremas durante gran parte del año.

## 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., Bergamo, 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.

Castaño, C. C., Rugeles, P. C., Betancurt, H. C. J., & Ramírez-López, F. A. (2014). Impact of heat stress on reproductive activity in cattle and considerations to mitigate its effects on reproduction. *Biosalud*, 13(2).

Correa-Calderón, A., Avendaño-Reyes, L., López-Baca, M. Á., & Macías-Cruz, U. (2022). Estrés por calor en ganado lechero con énfasis en la producción de leche y los hábitos de consumo de alimento y agua. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(2).

Cruz-Catrejón, V., Veliz, F. G., Rivas, R., Flores, J. A., Hernández, H., & Duarte, G. (2007). Respuesta de la actividad sexual a la suplementación alimenticia de machos cabríos tratados con días largos con un manejo extensivo a libre pastoreo. *Técnica Pecuaria en México*, 45, 93–100.

Delgadillo, J., Cabrera, F., Veliz, J., Duarte, F., Vielma, G., Poindron, J., & Maipaux, P. (2003). Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano

utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Veterinaria México*, 34(1), 2–3.

Duarte, G., Flores, J. A., Malpaux, B., & Delgadillo, J. A. (2008). Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Domestic Animal Endocrinology*, 35, 362–370.

García-Cruz, O., Tejada, L. M., Flores, M. G., Nava, L. E., Magaña, N., Hernández, H., Keller, M., et al. (2022). A semi-extensive management system reduces plasma testosterone concentrations, sexual behaviour and sperm production in male goats from subtropical latitudes. *Animal Production Science*, 62(17), 1683–1691.

Gatica, M. C., Guzmán, L., & Zaragoza, J. L. A. (2012). Utilización de fotoperiodo e implantes de melatonina para el control de la reproducción en caprinos mediterráneos. *REDVET*, 13(10), 2.

Gaughan, J. B., Mader, T. L., & Holt, S. M. (2009). A new heat load index for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 87(1), 226–234.

Gaughan, J. B., Mader, T. L., Holt, S. M., & Lisle, A. (2010). Solar radiation and heat stress in livestock. *Livestock Science*, 130(1–3), 14–24.

Hansen, P. J. (2004). Effect of heat stress on cattle. *Journal of Animal Science*, 82(12), 3471–3481.

Kendall, P. E., Nielsen, P. P., Webster, J. R., & Verkerk, G. A. (2006). The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. *Livestock Science*, 103(1–2), 148–157.

Kucuk, N., & 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>

Martin, D., Pérez, C., Hidalgo, M., Rodríguez, L., Artilles, L., Sanz Parejo, J., Santiago, J., & Sánchez, M. (2002). Medidas de circunferencia escrotal y rubor inguinal sexual en el macho cabrío de raza Florida. *Archivos de Zootecnia*, 51(195), 393–396.

Martin, G. B., Blache, D., Miller, D. W., & Vercoe, P. E. (2010). Interaction between nutrition and reproduction in the management of the mature male ruminant. *Animal*, 4(7), 1214–1226.

Martin, G. B., Tjondronegoro, S., Boukhliq, R., & Blackberry, M. A. (1994). Effect of nutrition on testicular size and the concentrations of gonadotrophins, testosterone and inhibin in plasma of mature male sheep. *Journal of Reproduction and Fertility*, 101, 121–128.

Martínez Marín, A. L. (2006). Efectos climáticos sobre la producción del vacuno lechero: estrés por calor. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 7(10), 1–22.

Rajan, 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>

Renaudeau, D., Collin, A., Yahav, S., de Basilio, V., Gourdine, J. L., & Collier, R. J. (2012). Impact of heat stress on livestock production. *Livestock Science*, 150(1–3), 79–91.

Silanikove, N. (2000). Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*, 67(1–2), 1–18.

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>

Van Wetter, 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.

West, J. W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 86(6), 2131–2144.

