

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



La exposición directa a los rayos solares disminuye las concentraciones plasmáticas de testosterona en los machos cabríos bien alimentados

Por:

**Leonardo Piedras López**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Torreón, Coahuila, México  
Junio 2024

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

La exposición directa a los rayos solares disminuye las concentraciones plasmáticas de testosterona en los machos cabríos bien alimentados

Por:

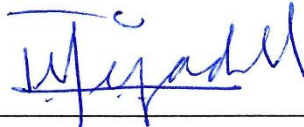
**Leonardo Piedras López**

TESIS

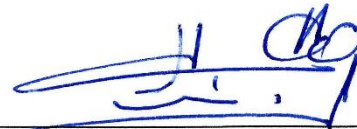
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por:



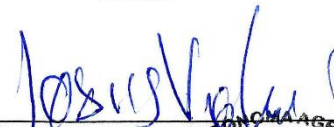
Dra. Luz María Tejada Ugarte  
Presidente



Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez  
Vocal



Dr. Horacio Hernández Hernández  
Vocal



Dr. Jesús Vielma Sifuentes  
Vocal Suplente



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



Torreón, Coahuila, México  
Junio 2024

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

La exposición directa a los rayos solares disminuye las concentraciones plasmáticas de testosterona en los machos cabríos bien alimentados

Por:

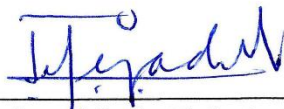
**Leonardo Piedras López**

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



Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez  
Coasesor



Dr. Horacio Hernández Hernández  
Coasesor



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



Torreón, Coahuila, México  
Junio 2024

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi padre Leonardo Piedras Pastor, por siempre demostrarme que podía contar con su amor y apoyo incondicional, y por inculcarme el valor de la responsabilidad en todos los aspectos. A pesar de que iniciamos este proyecto con algo de incertidumbre, miedo y sin saber cómo acabaría, lo hicimos juntos, lamentable al final lo terminaré solo, pero aun así estoy tan agradecido porque a pesar de que ya no esté en este plano terrenal, sé que me cuida y mi apoya desde donde quiera que esté. Simplemente gracias por todo mi querido amigo.

A mi madre Luvia Dora López Barrita, por demostrarme que el amor traspasa las dimensiones del tiempo, espacio y sobre todo distancia, gracias por nunca abandonarme y siempre tener sabiduría en cada palabra, consejo que me das, gracias por siempre ser mi soporte, gracias por educarme, gracias por darme las herramientas que me ayudaron a ser el hombre que soy hoy. No hay palabras que puedan describir lo afortunado y agradecido que estoy de que seas parte de esto y sobre todo mi madre, un ejemplo de fortaleza y resiliencia. Gracias por siempre estar y por escogerme como tu hijo.

A mi abuelo Francisco López Mijangos por ser un excelente ser humano y ser un padre ejemplar, gracias por jamás dejarme y sobre todo por poner esa semilla de confianza y aceptación para iniciar este sueño que aun que ya no estés, se ha culminado, gracias a tu ejemplo de trabajo y responsabilidad.

A mi hermana Mara Salome Piedras López por estar en los momentos más difíciles y por siempre darme serenidad y calma, gracias por cuidar de mí.

A mis primas Dafne Rodríguez Pastor y Sara Irais Jacinto Hernández por siempre estar en los momentos de felicidad, tristeza, estrés y sobre todo de duelo, esto también es para ustedes.

A mis amigas, Kenia Yaremi, Getsemani, Deyanira Felicitas, Diana Lucia, Nicole, Mariana Isabel, a todas y las que me faltan por mencionar gracias por demostrarme su apoyo incondicional. A mis amigos Fernando Antelo, Mario Duran.

A Jonatan David, por ayudarme con este proyecto y ser parte de esta inspiración.

A la Dra. Luz María Tejada Ugarte por su apoyo, paciencia, amistad y tiempo. Por su dedicación como asesora y compromiso con este proyecto.

Al Ing. Pablo Abner Montelongo Ramos y al Dr. Gamboa por inspirarme a seguir continuando, preparándome profesionalmente.

## **DEDICATORIAS**

A todas las personas que siempre mantuvieron su fe, su cariño y su confianza puestos en mí, para lograr la culminación de este proyecto. En especial para:

Mis padres Luvia Dora López Barrita y Leonardo Piedras Pastor

## RESUMEN

La mayoría de los caprinos locales del subtrópico mexicano pertenecen a un sistema de producción semi-extensivo, donde los machos cabríos y las cabras se alimentan con la flora nativa de la región solamente, por lo cual, en los periodos de sequía cursan periodos de subnutrición. Además, se encuentran bajo condiciones medioambientales donde están directamente expuestos a los rayos solares y a temperaturas elevadas durante 8 horas de manera diaria. Los periodos donde los animales cursan con subnutrición y la exposición diaria a los rayos solares podrían reducir la testosterona plasmática de los machos cabríos. El objetivo de este trabajo fue determinar si la exposición diaria y directa a los rayos solares reduce las concentraciones plasmáticas de testosterona en los machos cabríos bien alimentados. Los machos cabríos se asignaron a dos grupos ( $n = 5$  cada uno) en el mes de marzo. Durante 11 meses, de marzo a febrero, el grupo control se alojó en un corral (6 x 7 m) provisto de sombra. El otro grupo (experimental) se alojó en un corral de las mismas dimensiones (6 x 7 m) expuesto diariamente y de manera directa a los rayos solares. Ambos grupos permanecieron durante el estudio bajo las condiciones naturales y expuestos a la temperatura ambiental. Ambos grupos fueron alimentados diariamente con 2 kg de heno de alfalfa de primera calidad por animal. Las concentraciones testosterona plasmática fueron determinadas cada 15 días y fueron analizadas usando un análisis de varianza de medidas repetidas (ANOVA) a 2 vías para detectar diferencias entre tratamientos. El modelo incluyó el tratamiento (grupo), el tiempo de muestreo (meses), y la interacción entre estos factores, seguida por pruebas de  $t$  para comparaciones individuales  $2 \times 2$ . Las

concentraciones plasmáticas de testosterona fueron inferiores en el grupo experimental en junio, septiembre, diciembre y enero que las obtenidas en el grupo control ( $P < 0.05$ ). En base a los resultados concluimos que la exposición diaria y directa a los rayos solares reduce las concentraciones plasmáticas de testosterona en los machos cabríos bien alimentados.

**Palabras clave:** Actividad endocrina, Estrés calórico, Subtrópico mexicano, Nutrición, Caprinos



## INDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	2
2.1 Estacionalidad reproductiva del macho cabrío en el subtrópico mexicano (26°N) .....	2
2.2 El fotoperiodo, en los machos cabríos de la región lagunera, sincroniza la estacionalidad reproductiva.....	2
2.3 El estatus nutricional de los machos modula su estacionalidad reproductiva..	3
2.4 El sistema de producción semi-extensivo y descripción climática de la región lagunera.....	3
2.5 Efecto de la exposición a los rayos solares sobre la actividad reproductiva de los machos cabríos .....	4
2.6 OBJETIVO.....	5
2.7 HIPÓTESIS.....	5
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	6
3.1 Localización del estudio.....	6
3.2 Grupos experimentales y el sistema de producción.....	6
3.3 Variables a determinar .....	7
Concentración plasmática de testosterona .....	7
3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	7
4. RESULTADOS.....	8
4.1 Concentración plasmática de testosterona.....	8
5. DISCUSIÓN.....	9
6. CONCLUSIÓN .....	10
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variaciones de la concentración plasmática de testosterona (Promedio  $\pm$  Error Estándar del Promedio) de machos cabríos provistos de sombra ( $\square$ ) o expuestos directamente a los rayos solares ( $\blacksquare$ ).  $P < 0.05$ ;  $**P < 0.01$ ;  $***P < 0.001$ .

## 1. 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). Hay factores como el estado nutricional de los machos y/o la exposición a elevadas temperaturas ambientales que podrían modificar la eficacia reproductiva del macho (García-Cruz et al., 2022). Los machos cabríos subnutridos tienen un testículo de menor tamaño, una menor concentración de testosterona plasmática, un comportamiento sexual bajo comparado con machos cabríos bien alimentados (Walkden-Brown et al., 1994). La región lagunera (26°N), es una zona de lluvia escasa, el clima es árido y la temperatura es templada durante el año (Duarte et al., 2008). Las continuas y numerosas horas de exposición al sol que pasan estos animales podrían reducir las concentraciones plasmáticas de testosterona de los machos cabríos. Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue determinar si la exposición diaria y de manera prolongada a los rayos solares reducen las concentraciones plasmáticas de testosterona de machos cabríos bien alimentados.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Estacionalidad reproductiva del macho cabrío en el subtrópico mexicano (26°N)**

Los machos cabríos originarios del subtrópico mexicano muestran variación estacional en su actividad sexual (Delgadillo et al., 1999). La estación sexual inicia en el mes de junio y finaliza en el mes de diciembre. En la estación sexual los machos tienen un peso testicular elevado, altas concentraciones plasmáticas de testosterona, un comportamiento sexual fuerte y una alta producción espermática cuantitativa (volumen seminal, concentración y número total de espermatozoides) y cualitativa (motilidad progresiva y porcentaje de espermatozoides vivos) (Delgadillo et al., 1999). Por otro lado, el reposo sexual, comienza de enero y termina en mayo, los machos tienen un peso testicular disminuido, las concentraciones plasmáticas de testosterona bajas, y la producción espermática es disminuida (Delgadillo et al., 1999). Sin embargo, otros elementos como el estado nutricional de los machos pueden modificar dicha estacionalidad.

### **2.2 El fotoperiodo, en los machos cabríos de la región lagunera, sincroniza la estacionalidad reproductiva**

La estacionalidad reproductiva característica en los machos cabríos se debe a que son sensibles a los cambios anuales del fotoperiodo. Los días cortos (10 horas de luz por día) o la duración del día decreciente estimulan la secreción de la hormona luteinizante (LH), la cual provoca el incremento del tamaño del testículo y el incremento en la liberación de testosterona, resultando en mejoras cuantitativas y

cuantitativas en la producción espermática junto con un aumento del comportamiento sexual (Sharma et al., 2020). En cambio, los días largos (14 horas de luz por día) o el aumento de la duración del día, reducen la secreción de hormona luteinizante y el crecimiento del testículo, lo que conlleva que disminuyan las concentraciones plasmáticas de testosterona, la calidad espermática baje y disminuye el comportamiento sexual (Sharma et al., 2020).

### **2.3 El estatus nutricional de los machos modula su estacionalidad reproductiva**

Los machos cabríos originarios de la región lagunera y bajo un sistema de producción de tipo semi-extensivo cursan con estados de subnutrición a causa de que su alimentación se basa en la flora nativa de los terrenos por donde realizan pastoreo. Por lo anterior, las concentraciones plasmáticas de testosterona, la libido y producción espermática son menores a las reportadas en los machos mantenidos en estabulación y bien alimentados. Asimismo, en los machos con algún grado de subnutrición, la estación sexual comienza después y finaliza antes que los machos estabulados bien alimentados (García-Cruz et al., 2022).

### **2.4 El sistema de producción semi-extensivo y descripción climática de la región lagunera**

Casi la totalidad de los hatos caprinos en el norte de México, y específicamente en la región lagunera, forman parte del sistema de producción semi-extensivo, en el cual machos y cabras radican juntos todo el año, los animales se alimentan principalmente de la flora nativa de tierras comunales, y para ello recorren diariamente de 6 a 9 kilómetros diarios durante unas 9 horas. En estas condiciones,

de abril-mayo a agosto-septiembre los animales pueden estar expuestos a temperaturas cercanas a los 38-40 °C. Cuando los animales retornan se alojan en corraletas rústicas y sencillas durante la noche (Andrade-Esparza et al., 2018; García-Cruz et al., 2022) en donde tienen acceso a agua y a bloque de sales minerales. La disponibilidad de recursos de vegetación para alimentarse en estos terrenos comunales depende de la lluvia, por tanto, durante la sequía (noviembre-junio) hay escasez de flora, y los animales cursan en algunos periodos de sequía con subnutrición (García-Cruz et al., 2022).

### **2.5 Efecto de la exposición a los rayos solares sobre la actividad reproductiva de los machos cabríos**

La exposición diaria a radiaciones solares ejerce un fuerte estrés por calor disminuyendo la actividad endócrina, el comportamiento sexual, la producción espermática (cuantitativa y cualitativa) y, por ende, la fertilidad de los machos cabríos y carneros. Por ejemplo, en carneros nativos de sudan y expuestos de manera prolongada a los rayos solares en verano, tienen una menor concentración plasmática de testosterona y una producción espermática menor desde la tercera semana de la exposición solar (Mohamed et al., 2012). De igual manera, los carneros originarios de la Patagonia Argentina exhiben una disminuida fertilidad en los meses cálidos del verano (Armengol et al., 2018). En los machos cabríos del subtropical mexicano mantenidos bajo un sistema de producción semi-extensivo en los que los animales estuvieron, subnutridos y expuestos a los rayos solares, se redujo el diámetro testicular, la concentración plasmática de testosterona, el comportamiento sexual y la producción espermática comparado con machos

cabríos bien alimentados y estabulados (García-Cruz et al.,2022). Por otra parte, no se desconoce si estas disminuciones en las variables reproductivas se debieron a la subnutrición de los machos cabríos o a la exposición prolongada a los rayos solares.

## **2.6 OBJETIVO**

Determinar si la exposición directa a los rayos solares disminuye las concentraciones plasmáticas de testosterona en machos cabríos bien alimentados.

## **2.7 HIPÓTESIS**

La exposición directa a los rayos solares disminuye las concentraciones plasmáticas de testosterona en los machos cabríos bien alimentados.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Localización del estudio.**

El trabajo se realizó en la región lagunera de Coahuila, México (latitud 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 lagunera tiene un clima árido con una precipitación pluvial de 267 mm (promedio: 163 -504 mm) año, que generalmente ocurre entre junio y septiembre (Duarte et al., 2008).

#### **3.2 Grupos experimentales y el 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 locales de la región lagunera de 6 años 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 se alimentaron diariamente con 2 kg de heno 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.



### **3.3 Variables a determinar**

#### **Concentración plasmática de testosterona**

La concentración plasmática de testosterona fue determinada cada 15 d, a partir de muestras de sangre obtenidas de la vena yugular, en tubos adicionados con 30 microlitros de heparina sódica. La sangre se centrifugó a 2500 g durante 20 min, y el plasma se congeló a -20 °C. La testosterona se determinó por el análisis inmunoenzimático descrito por Delgadillo et al. (2024). La sensibilidad del ensayo fue de 0.15 ng/mL y el coeficiente de variación intra-ensayo fue de 8.2 %.

### **3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Las concentraciones plasmáticas de testosterona se compararon usando un análisis de varianza de medidas repetidas (ANOVA) a 2 vías para detectar diferencias entre tratamientos. El modelo incluyó el tratamiento (grupo), el tiempo de muestreo (meses), y la interacción entre estos factores, seguida por prueba de *t* para 2 poblaciones independientes para comparar en puntos individuales 2 × 2 (SYSTAT 13, 2009).

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Concentración plasmática de testosterona

Las concentraciones plasmáticas de testosterona variaron durante el tiempo de estudio ( $P < 0.0001$ ) y hubo una interacción entre el tiempo y los grupos de machos ( $P < 0.001$ ). Estas concentraciones fueron bajas de marzo a mayo sin diferir entre los grupos ( $P > 0.05$ ). Posteriormente, en ambos grupos, estas concentraciones aumentaron en junio y se mantuvieron altas hasta octubre, disminuyendo hasta el final del estudio. En los machos provistos con sombra, las concentraciones de testosterona fueron más altas en junio, septiembre, diciembre y enero que en los machos experimentales ( $P < 0.05$ ; Figura 1).

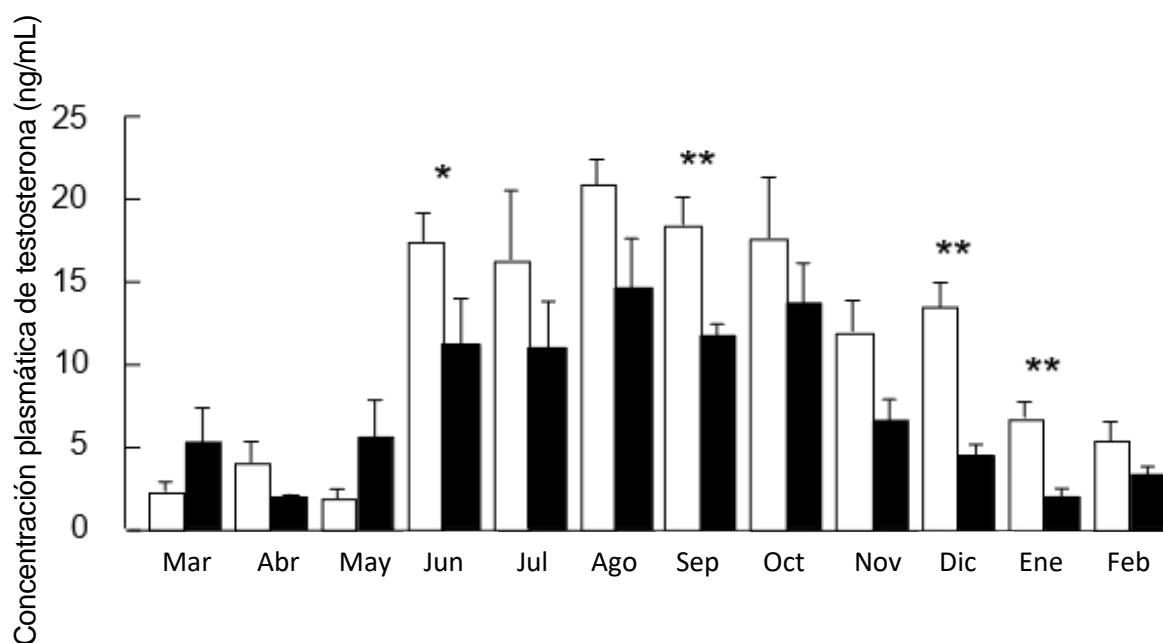


Figura 1. Variaciones de la concentración plasmática de testosterona (Promedio  $\pm$  Error Estándar del Promedio) de machos cabríos provistos de sombra ( $\square$ ) o expuestos directamente a los rayos solares ( $\blacksquare$ ).  $P < 0.05$ ; \*\* $P < 0.01$ .

## 5. DISCUSIÓN

Éstos resultados demuestran que la exposición prolongada a los rayos solares reduce las concentraciones plasmáticas de testosterona de los machos cabríos bien alimentados. Aunque, en ambos grupos, las concentraciones plasmáticas de testosterona siguieron un patrón similar, las concentraciones fueron más bajas en los machos cabríos expuestos a los rayos solares que en los controles. La concentración de testosterona en plasma es menor en los machos experimentales al inicio, mitad y final de la estación sexual, lo que coincide con los hallazgos reportados en machos criollos sometidos a temperaturas ambientales cálidas y húmedas (Murugaiyah, 1992). Es probable que la exposición a la radiación solar y a las altas temperaturas provoquen diferentes efectos negativos a nivel testicular:

- 1) Una reducción de la actividad de la esteroidogénesis disminuyendo las concentraciones de testosterona (Bozkaya et al., 2017).
- 2) La exposición diaria a radiaciones solares pudo desencadenar estrés calórico en los machos experimentales y tener un efecto directo al reducir el flujo sanguíneo testicular y la secreción de testosterona como se ha reportado en carneros (Hedia et al., 2019).
- 3) El estrés calórico desencadena apoptosis en diferentes células testiculares, por lo que las células intersticiales del testículo (Leydig) y la producción de testosterona pudiera afectarse directamente (Paul et al., 2009).

Estas variaciones en las concentraciones de testosterona coinciden con las ya reportadas en machos de regiones subtropicales (Walken-Brown et al., 1994; García-Cruz et al., 2022). Es probable que la exposición a los rayos solares

disminuya estas variables, pero no tan dramáticamente como en estudios realizados con machos cabríos en sistema de producción semi-extensivo y, por lo tanto, subnutridos (García-Cruz et al., 2022).

## **6. CONCLUSIÓN**

Se concluye que, en los machos cabríos bien alimentados, la exposición diaria y directa a los rayos solares disminuye las concentraciones plasmáticas de testosterona en comparación con aquellos machos bien alimentados y provistos de sombra en el corral de alojamiento.

## 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., Bergamo, N. S., Pelufo, V. (2018). Microscopic sperm head damage and abnormalities as heat stress indicators in Australia Merino rams (*Ovis aries*) in Northern Patagonia, Argentina. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animals Science*, 55 (1), 1-11.

Bozkaya, F., Atli, M. O., Guzeloglu, A., Kayis, S. A., Yildirim, M. E., Kurar, E., et al. (2017). Effects of long-term heat stress and dietary restriction on the expression of genes of steroidogenic pathway and small heat-shock proteins in rat testicular tissue. *Andrologia*, 49(6), 2668.

Darbandi, M., Darbandi, S., Agarwal, A., Sengupta, P., Durairajanayagam, D., Henkel, R., Sadeghi, M. R. (2018). Reactive oxygen species and male reproductive hormones. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 16(1), 1-14.

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

Delgadillo, J. A., Espinoza-Flores, L. A., López-Magaña, D., Hernández, H., Keller, M., Chesneau, D., Lainé, A. L., Chemineau, P. (2024). Maintenance of permanent sexual activity throughout the year in seasonal bucks using short photoperiodic cycles in open barns. *animal*, 18(1), 101041.

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

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, 27-39.

García-Cruz, O., Tejada, L. M., Flores, M. G., Nava, L. E., Magaña, N., Hernandez, 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.

Garnier, D. H., Cotta, Y., Terqui, M., Foulon, F. (1978). Androgen radioimmunoassay in the ram: results of direct plasma testosterone and dehydroepiandrosterone

measurement and physiological evaluation. *Annales de biologie animale, biochimie, biophysique*, 18, 265-281.

Gomes, W. R., Butler, W. R., Johnson, A. D. (1971). Effect of elevated ambient temperature on testis and blood levels and in vitro biosynthesis of testosterone in the ram. *Journal of Animal Science*, 33, 804-807.

Hedia, M. G., El-Belely, M. S., Ismail, S. T., El-Maaty, A. M. A. (2019). Monthly changes in testicular blood flow dynamics and their association with testicular volume, plasma steroid hormones profile and semen characteristics in rams. *Theriogenology*, 123, 68-73

Murugaiyah, M. (1992). Changes in the semen characteristics of Kambing Katjan crossbreed buck under hot and humid environmental temperatures. In *Recent advances in goat production*. New Delhi: Proc. 5th Int. Conf. Goats, 1126-1129.

Oldham, C. M, Adams, N. R, Gherardi, P. B, Lindsay, D. R, Mackintosh, J. B. (1978). The influence of level of feed intake on sperm-producing capacity of testicular tissue in the ram. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29(1), 173-79.

Paul, C., Teng, S., Saunders, P. T. (2009). A single, mild, transient scrotal heat stress causes hypoxia and oxidative stress in mouse testes, which induces germ cell death. *Biology of reproduction*, 80(5), 913-919.

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

Serradilla, J. M., Carabaño, M. J., Ramón, M., Molina, A., Diaz, C., Menéndez-Buxadera, A. (2018). Characterisation of Goats' Response to Heat Stress: Tools to Improve Heat Tolerance. *IntechOpen*, 15, 329-347.

Sharma, A., Sood, P., Chaudhary, J.K. (2020). Correlations of Climatic Conditions with Seminal Quality Parameters in Gaddi and Chegu Buck Semen. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 15, 32-37.

Stone, B. A., Seamark, R. F. (1984). Effects of acute and chronic testicular hyperthermia on levels of testosterone and corticosteroids in plasma of boars. *Animal Reproduction Science*, 7, 391-403.

SYSTAT 13. (2009). San José, CA, USA: Cranes Software International Ltd.

Walkden-Brown, S. W, Restall, B. J, Norton, B. W, Scaramuzzi, R. J, Martin, G. B. (1994). Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian cashmere goats. *Reproduction*, 102, 351–360.



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 oestradiol treatment on changes in LH, FSH and prolactin concentrations, and body growth. *Small Ruminant Research*, 26, 239-52.