

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS



Evaluación de las constantes fisiológicas en ovinos criados bajo diferente sistema
de alimentación

Por:

Mayra Pérez Hernández

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Octubre 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

Evaluación de las constantes fisiológicas en ovinos criados bajo diferente sistema
de alimentación

Por:

Mayra Pérez Hernández

TESIS

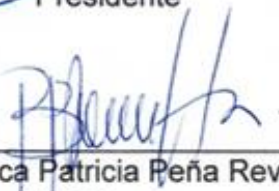
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

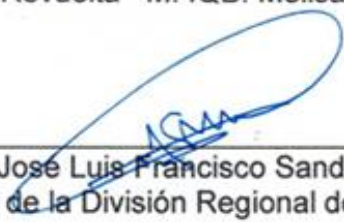
Aprobada por:


Dr. Juan Manuel Guillén Muñoz
Presidente


Dr. Ramiro González Ávalos
Vocal


MC. Blanca Patricia Peña Revuelta
Vocal


M. IQB. Melisa Concepción Hermosillo Alba
Vocal Suplente


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

Torreón, Coahuila, México
Octubre 2025



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

Evaluación de las constantes fisiológicas en ovinos criados bajo diferente sistema
de alimentación

Por:

Mayra Pérez Hernández

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



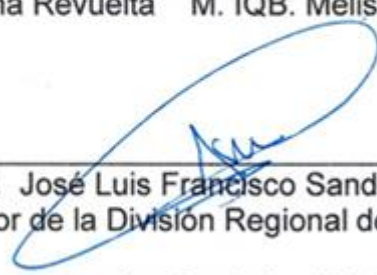
Dr. Ramiro González Avalos
Asesor Principal



MC. Blanca Patricia Peña Revuelta
Coasesor



M. IQB. Melisa Concepción Hermosillo Alba
Coasesor



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

Torreón, Coahuila, México

Octubre 2025



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme regalado la vida, por permitirme salir adelante a pesar de todos los obstáculos que se me presentaron en la trayectoria, por acompañarme siempre en los momentos más difíciles y permitirme terminar otra etapa más de mis estudios, cumpliendo uno más de mis sueños y el de mi familia.

A mi querida U.A.A.A.N, por darme la oportunidad de superarme y adquirir más conocimientos, estando entre sus aulas, áreas de prácticas y por contar con maestros interesados en nuestra formación profesional.

A los Docentes

M.V.Z. KARLA QUETZALLI RAMIREZ URANGA

Agradezco por el apoyo, paciencia, tolerancia, enseñanzas, confianza y sobre todo el tiempo que me brindó para que esta investigación haya sido un éxito.

DR. RAMIRO GONZÁLEZ ÁVALOS

Por su apoyo y tiempo en colaboración en la elaboración de esta investigación.

CIBA UL

Por darme la oportunidad y el apoyo de todos los pertenecientes que lo conforman para poder realizar esta investigación.

A mis amigas Ximena Joselyne Jiménez Molina, Mónica Jeanette Méndez Cervantes y Cecilia Araujo de la Cruz, por su amistad y consejos que me brindaron y sobre todo por compartir momentos de alegrías, tristezas y todas las cosas que pasamos desde que llegamos a la universidad, serán recuerdos que siempre llevaré en mi mente y corazón.

DEDICATORIA

A mi madre y pareja

Viviana Hernández Gaspar

Tomas García García

A mi madrina

+ Irene Ángeles Ángeles

Este logro no es solo mío, es de todas las personas que estuvieron a mi lado, por todo el apoyo, motivación, la protección estando lejos de casa, los consejos, confianza, atención, enseñanzas que me brindaron en cada momento de mi vida y el sacrificio que han hecho para poder lograr lo que ahora he concluido y por fin les puedo decir

¡Por fin lo logramos...!

A mis hermanos Magaly Pérez Hernández, María de los Ángeles Pérez Hernández y Manuel Campos Hernández, por los momentos agradables que pasamos en las vacaciones que iba a casa.

A mis sobrinos Leonardo Mejía Pérez y David Romero Pérez, por lo feliz que me hicieron en llegar a este mundo y por todos aquellos momentos felices que pasamos y verlos sonreír.

Y a esa personita especial que solo me acompañó 2 meses y por motivos no puedas ver este logro importante siempre te llevaré conmigo.

Índice general

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
Índice de cuadros.....	vii
Índice de figuras.....	viii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general	2
1.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Hipótesis.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Panorama nacional de la ovinocultura	3
2.2. Demanda de alimentos	4
2.3. Sistemas de producción	5
2.4. Impacto del cambio climático en la producción ovina.....	6
2.5. Mecanismos de termorregulación en el ganado ovino	8
2.6. Sistema digestivo del ovino	9
2.7. Constantes fisiológicas de los ovinos	11
2.8. Bienestar animal	14
2.9. Estrés en pequeños rumiantes	14
2.10. Estrés térmico.....	17
2.11. Requerimientos Nutricionales	19
2.12. Agua como factor crítico en la producción intensiva de ovinos	20
3. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. Ubicación Geográfica	23

3.2. Diseño Experimental.....	23
3.3. Manejo General	24
3.4. Variables	24
3.5. Análisis Estadísticos	26
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
5. CONCLUSIONES	34
6. LITERATURA CITADA.....	35

RESUMEN

La producción ovina en México enfrenta desafíos por condiciones ambientales extremas y sistemas de alimentación que influyen en la fisiología animal. El objetivo de este estudio fue evaluar la TA, HR, ITH y constantes fisiológicas: FC, FR, y TR en ovinos alimentados con tres dietas: T1=80% concentrado/20% alfalfa, T2=50/50 y T3=100% alfalfa. Se utilizaron 9 ovinos machos criollos (n=3 por tratamiento) durante siete semanas bajo un diseño en bloques completamente al azar, ajustando semanalmente la ración al 8% del peso vivo. Por las tardes, el ITH alcanzó valores de 80-83, lo que generó estrés térmico elevado, con mayores incrementos en FC y FR, particularmente en T2 y T3. La TR permaneció en 37-39 °C, con episodios aislados de 40 °C. El tratamiento T1 mostró respuestas fisiológicas más estables, mientras que T3 fue el más vulnerable. En conjunto, los resultados confirman la presencia de estrés térmico leve a grave, lo que resalta la necesidad de combinar estrategias de manejo (sombra, ventilación, alimentación y agua fresca) para preservar la homeostasis y el bienestar ovino en climas áridos.

Palabras clave: Ovinos, Estrés térmico, Alimentación, ITH

ABSTRACT

Sheep production in Mexico faces challenges due to extreme environmental conditions and feeding systems that influence animal physiology. The objective of this study was to evaluate AT, RH, THI, and physiological parameters: HR, RR, and RT, in sheep fed three diets: T1=80% concentrate/20% alfalfa, T2=50/50, and T3=100% alfalfa. Nine native male sheep (n=3 per treatment) were used over seven weeks under a randomized complete block design, with rations adjusted weekly to 8% of live weight. In the afternoons, THI values reached 80-83, generating elevated heat stress, with greater increases in HR and RR, particularly in T2 and T3. RT remained within 37-39 °C, with isolated peaks of 40 °C. Treatment T1 showed more stable physiological responses, while T3 was the most vulnerable. Overall, the results confirm the presence of mild to severe heat stress, highlighting the need to combine management strategies (shade, ventilation, feeding, and fresh water) to preserve homeostasis and sheep welfare in arid climates.

Keywords: Sheep, Heat stress, Feeding, THI

Índice de cuadros

Cuadro 1. Frecuencia cardíaca y frecuencia respiratoria en ovinos.	12
Cuadro 2. Temperatura rectal en ovinos.	13
Cuadro 3. Condiciones climáticas semanales registradas por la mañana y por la tarde durante el estudio.	27
Cuadro 4. Valores de FC (lpm) de ovinos criados bajo diferente sistema de alimentación.....	30
Cuadro 5. Ganancia diaria de peso (GDP; kg/d) en ovinos criados bajo diferente sistema de alimentación.....	31
Cuadro 6. Valores de FR (rpm) de ovinos criados bajo diferente sistema de alimentación.....	32
Cuadro 7. Valores de TR (°C) de ovinos criados bajo diferente sistema de alimentación.....	33

Índice de figuras

Figura 1. Cambios de temperatura desde el comienzo de la revolución industrial. (Recuperado de: Čukić <i>et al.</i> , 2024).....	7
Figura 2. Mecanismos de liberación de calor en ovinos (Fuente: elaboración propia).	9
Figura 3. Mucosas de los compartimentos en ovinos, fotos obtenidas post-mortem. (Recuperado de García-Jalón <i>et al.</i> , 2001).	10
Figura 4. Ubicación Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna.	23
Figura 5. Captura de temperatura y humedad en la unidad experimental (Fuente: elaboración propia).	25
Figura 6. Medición y registro de constantes fisiológicas de los ovinos en la unidad experimental (Fuente: elaboración propia)	25

1. INTRODUCCIÓN

En México la industria ovina cuenta con un inventario de 8,836,730 cabezas, distribuidas en las regiones centrales, sur y norte, con un consumo per cápita nacional de 0.500 kg, lo que posiciona al país en el quinto lugar a nivel mundial, por lo que no se satisface la demanda de consumo en la población interna debido a que importa el 60% del consumo nacional, lo cual representa una oportunidad para fortalecer la producción nacional y reducir la dependencia de las importaciones (SIAP, 2023).

Los sistemas productivos se basan en conjuntos de elementos técnicos, los cuales presentan distintos arreglos de insumos y formas de manejo, en la producción ovina se tiene tres modalidades: intensivo (los animales se encuentran confinados en instalaciones tecnificadas, utilizando razas de alto rendimiento e insumos industriales), semi-intensivo o mixto (se alimentan de pastizales y concentrados industriales), y extensivo, también conocido como ovinocultura social (los animales se pastorean durante el día en agostaderos naturales) (Bobadilla *et al.*, 2021).

Al paso de los años, los ovinos han desarrollado la necesidad y la capacidad de evolucionar fisiológicamente a las condiciones ambientales y térmicas, lo que les permite adaptarse al entorno en el que se encuentren, regulando el metabolismo basal, actividad física y hormonal, estos factores, contribuyen a la modificación de su temperatura corporal y resultan indispensables para mantener la homeostasis y la salud del animal, esto debido a su rusticidad y facilidad de manejo, por lo cual, les ha considerado tradicionalmente como el ganado de los pobres (García-Sacristán, 2018).

El estrés térmico es inducido por la combinación de las diferentes variaciones de las condiciones ambientales en la temperatura ambiental (TA), humedad relativa (HR), el movimiento del aire y la radiación solar, haciendo que la temperatura sea más elevada que la termorregulación y la zona de confort de los ovinos, induciendo a cambios en su temperatura corporal, FC, FR, así como en el consumo de alimento y agua, volviéndose más susceptibles a enfermedades debido al desequilibrio de su homeostasis (Bianca, 1962). Además de afectar la productividad y las características organolépticas de la carne (Joy *et al.*, 2020).

1.1. Objetivo general

Evaluar la temperatura ambiental, humedad relativa, índice temperatura-humedad y constantes fisiológicas en ovinos criados bajo diferentes sistemas de alimentación.

1.2. Objetivos específicos

Evaluar temperatura y humedad ambiental.

Determinar el índice temperatura-humedad.

Medir las constantes fisiológicas de los ovinos.

Determinar la ganancia diaria de peso de los ovinos.

1.3. Hipótesis

Los ovinos alimentados con dietas altas en concentrado muestran una mayor respuesta fisiológica al estrés térmico que aquellos alimentados con dietas basadas en forraje.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Panorama nacional de la ovinocultura

Durante los últimos 35 años, en México se ha presentado un déficit en la disponibilidad de alimentos de origen animal, derivado del aumento en la tasa de crecimiento poblacional, lo que ha incrementado la demanda de estos productos y al mismo tiempo, ha disminuido el poder adquisitivo de la sociedad, debido a los altos precios y a los efectos negativos del cambio climático, ya que México sólo produce el 43% de la demanda nacional e importa el 57% (Sosa-Baldivia & Ruiz-Ibarra, 2017), con un consumo per cápita entre los 500 y 950 g, durante el último año (SIAP, 2024).

La producción ha desarrollado nuevas formas de obtención y comercialización de animales, se han importado reproductores provenientes de diferentes países, principalmente con el objetivo de mejorar el pie de cría, asimismo, la demanda del producto ha aumentado, principalmente por consumidores de comunidades extranjeras (asiáticas, judías, árabes y europeas), lo que ha impulsado la importación de cortes de carne de primera calidad (Bedoya *et al.*, 2017).

La calidad de la carne se ve influenciada por diversos factores como la edad, sexo, alimentación, raza, manejo, clima, así como el peso y el manejo al momento del sacrificio (Hernández *et al.*, 2023), lo que puede inducir cambios hormonales y en la química sanguínea (Kadim *et al.*, 2006). Es por ello por lo que resulta fundamental la domesticación de las diferentes razas ovinas adaptadas a condiciones ambientales locales, seleccionadas con múltiples propósitos, implementadas por el

ser humano en los diferentes sistemas de producción, con el fin de expresar su mayor potencial genético (Aguilar *et al.*, 2017).

2.2. Demanda de alimentos

El principal subproducto del ganado ovino es la carne, destinada en un 90% al consumo como barbacoa, debido a su alto contenido de proteínas, vitaminas y minerales, esenciales para un el desarrollo y crecimiento, por esta razón es considerada un platillo de lujo y típico, quedando en segundo plano productos como la leche y lana, durante varios años se han hecho modificaciones a los diferentes sistemas de producción, ya que cada vez impactan más las sequías, por el sobrepastoreo ocasionada por la falta de asesoramiento técnico, lo cual ha convertido a esta actividad en una práctica poco sustentable (Hernández *et al.*, 2017).

En el sector de la ovinocultura, la producción de corderos es considerada una fuente fundamental de ingresos, al aprovechar los recursos naturales como base para la alimentación de los animales, en el país los ganaderos tienen a la disposición del 80% de sus tierras para el pastoreo de los rebaños o para la elaboración de su propio alimento, lo que les permite obtener una dieta de mayor calidad y a menor costo (Aranda *et al.*, 2019).

Las razas ovinas se encuentran clasificadas en tres tipos: siendo aproximadamente el 10.2% criollas, comúnmente asociadas con sistemas de producción familiar, siguiendo las cruza con un 57% y aproximadamente el 32.8% de razas puras, esta distribución se debe a que los productores han implementado a cada uno de sus negocios aquellas razas que mejor se ajustan al propósito de su explotación (carne,

lana o leche), al destino final del animal y economía disponible (Partida *et al.*, 2017). La selección adecuada de la raza, es una herramienta clave para sostener la producción animal en un entorno cada vez más desafiante, especialmente ante problemas de adaptación al entorno (Silanikove, 1992).

2.3. Sistemas de producción

El sistema extensivo se basa en que las ovejas autóctonas pasten libremente con o sin supervisión en la vegetación natural (Martín *et al.*, 2001). Este sistema ha experimentado cambios por diversos factores, como el sobrepastoreo por la introducción de grandes cantidades de animales en territorios de poca capacidad de carga, lo que reduce la productividad o elimina completamente las plantas leñosas (Roques *et al.*, 2001). También influyen la tolerancia a climas extremos durante las diferentes estaciones del año o a factores antropogénicos (Morgan *et al.*, 2011), la competencia por nutrientes del suelo, la disminución en la dispersión de semillas y los incendios (Van Auken, 2009).

En el sistema semi-extensivo, los animales pastorean en los pastizales ya sea naturales o sembrados y al regresar a sus corrales, se les suplementa con concentrados y forrajes (Peacock & Sherman, 2010). Uno de los principales desafíos de este sistema es aumentar y asegurar la producción de alimentos, sin generar impactos ambientales negativos (Bover *et al.*, 2018). Debido a la creciente demanda de productos agrícolas y la competencia por el uso de suelos, los productores se ven en la necesidad de aumentar este tipo de sistemas para satisfacer la demanda actual y futura de los productos animales a nivel mundial, obligando a los productores a adaptarse (Estell *et al.*, 2012).

En el sistema intensivo, los animales permanecen confinados en instalaciones tecnificadas, teniendo animales de alto rendimiento, insumos industriales y sistemas especializados de sanidad, manejo de desechos, programas de nutrición y reproducción (Vázquez-García, 2015). Por lo que se les brinda atención veterinaria constantemente, dietas definidas, suplementos, aditivos, y están monitoreados la mayor parte del día (Niderkorn *et al.*, 2015), con el objetivo de aumentar los insumos estratégicos para maximizar el rendimiento total de producción (Chávez *et al.*, 2022).

2.4. Impacto del cambio climático en la producción ovina

El cambio climático es una alteración sostenida de los patrones climáticos globales, que incluye el calentamiento global y otros fenómenos como el retroceso de glaciares y eventos climáticos extremos como el aumento de la temperatura superficial del planeta y el incremento del nivel del mar, teniendo mayor recurrencia de sequías, esto es causado principalmente por la acumulación de gases de efecto invernadero, especialmente el dióxido de carbono, debido a las actividades humanas, por lo que el cambio climático compromete la adaptación de los ecosistemas y genera riesgos para la biodiversidad, productividad agrícola, salud y seguridad alimentaria a nivel global (Raizada *et al.*, 2022).

El cambio climático afecta a los rumiantes tanto de forma directa, al comprometer su fisiología y productividad, como de manera indirecta, al reducir la disponibilidad y calidad de forrajes y agua; sin embargo, este impacto es más severo en regiones tropicales y subtropicales, donde la ganadería sostiene a gran parte de la población

y, en el caso de ovinos y caprinos, las sequías y olas de calor aumentan las pérdidas productivas y reproductivas (Henry *et al.*, 2018).

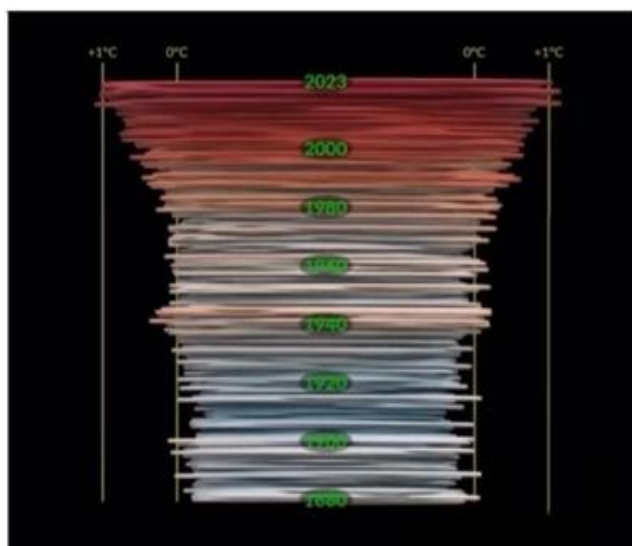


Figura 1. Cambios de temperatura desde el comienzo de la revolución industrial. (Recuperado de: Čukić *et al.*, 2024).

En regiones subtropicales, se ha observado que las altas temperaturas reducen la fertilidad, restringen el desarrollo fetal y ocasionan retrasos en el crecimiento de los corderos, lo cual compromete la seguridad alimentaria de comunidades rurales que dependen de esta especie (Ngcobo *et al.*, 2025). De forma complementaria, revisiones recientes señalan que las ovejas expuestas a calor y humedad presentan disminuciones en la ganancia de peso, la producción de leche y la eficiencia alimenticia, además de alteraciones fisiológicas y reproductivas que afectan la viabilidad de los sistemas extensivos, donde suelen criarse pequeños rumiantes (Ben-Moula *et al.*, 2024).

En el caso de México, las simulaciones económicas advierten que las variaciones proyectadas de temperatura y precipitación podrían reducir los ingresos netos de los productores pecuarios hasta en un 33% hacia finales de siglo, siendo los sistemas menos diversificados y de pequeña escala los más vulnerables (Basurto-

Hernández *et al.*, 2023). En conjunto, estas evidencias reflejan que la producción ovina enfrenta riesgos crecientes derivados del cambio climático, tanto en términos biológicos como económicos, lo que plantea la urgencia de estrategias de adaptación sostenibles (Ocak Yetisgin *et al.*, 2022).

2.5. Mecanismos de termorregulación en el ganado ovino

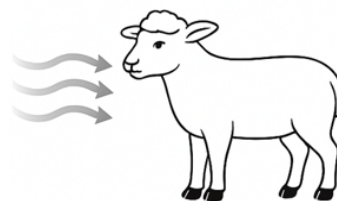
El ganado ovino es homeotermo, es decir mantiene su temperatura corporal constante sin importar las condiciones ambientales, si la temperatura es elevada y el animal no logra adaptarse, puede experimentar estrés térmico, siendo más común durante el verano, para mantener la homeostasis, el calor puede disminuir o aumentar de acuerdo al entorno y estado térmico del animal, cabe destacar que existen cuatro mecanismos principales para la pérdida de calor: conducción (transferencia hacia objetos sólidos), convección (transferencia mediante el aire o el agua), radiación (pérdida directa desde el cuerpo) y evaporación que corresponde a la pérdida de calor latente a través de la humedad liberada por las glándulas sudoríparas el tracto respiratorio (Brown-Brandl, 2018).

El color del pelaje desempeña un papel importante en la absorción del calor, ya que los animales con pelaje más claro absorben menos radiación solar que aquellos con pelaje oscuro, su función principal es proteger a los ovinos de la radiación solar directa y facilitar la disipación de calor por convección y evaporación, cuando el organismo no logra mantener una termorregulación adecuada, se presenta el estrés térmico, lo que provoca desequilibrios en la síntesis de hormonas relacionadas con el metabolismo (hormonas tiroideas, somatotropinas y glucocorticoides) así como alteraciones en el balance hídrico (Al-Ramamneh, 2023).

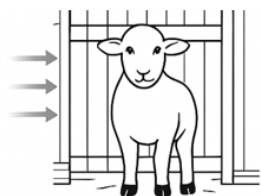
MECANISMOS DE LIBERACIÓN DE CALOR EN OVINOS



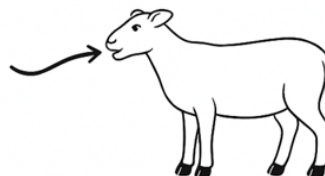
Conducción: Liberación de calor a través del contacto con otros objetos.



Convección: Liberación de calor por corrientes de aire.



Radiación: Liberación de calor por ondas infrarrojas (la temperatura de un objeto cercano se transmite hacia el ovino).



Evaporación: Liberación de calor mediante el tracto respiratorio (jadeo) o glándulas sudoríparas (hocico, espacios interdigitales, ubre y escroto).

Figura 2. Mecanismos de liberación de calor en ovinos (Fuente: elaboración propia).

Los ovinos regulan su temperatura corporal mediante el metabolismo (modificando el consumo de agua o alimento), la actividad física (ya sea manteniéndose en reposo o constante movimiento) y la producción de hormonas, mecanismos que les permiten conservar sus condiciones fisiológicas y mantener la capacidad de generar su producto final de calidad (Vaca *et al.*, 2020).

2.6. Sistema digestivo del ovino

Los rumiantes son un grupo de mamíferos, que poseen tres compartimentos y un estómago verdadero, el primer compartimento ubicado en la región craneal, se denomina retículo y presenta una estructura en forma de panal, el segundo es el rumen, que contiene papilas ruminales y es conocido como cámara de fermentación, tras el proceso de fermentación en el complejo rumen-retículo, el contenido pasa hacia el omaso, cuya función principal es la filtración de los líquidos

provenientes del compartimento anterior, finalmente el alimento llega al estómago verdadero, llamado abomaso, donde continúa el proceso digestivo (Reece, 2015).

Los alimentos sólidos y el agua, favorecen a la maduración de los compartimentos, mediante el mecanismo de rumia, cuyo objetivo es reducir el tamaño de partícula del alimento, facilitando la acción de las bacterias ruminales para el aprovechamiento de los nutrientes, por lo que es fundamental comprender que, en primer lugar, se debe alimentar a los microorganismos ruminales, ya que existe una relación simbiótica entre las bacterias y el animal (Relling & Mattioli, 2003).

El rumen representa aproximadamente el 80% de la capacidad total del estómago, con una temperatura constante entre 39-40°C y un pH entre 5.5 y 7, teniendo al interior unas estructuras llamadas papilas, estas tienen como objetivo facilitar la eliminación de gases producidos durante la fermentación microbiana, en este compartimento se albergan una gran diversidad de microorganismos como lo son bacterias, protozoos y hongos, que participan activamente en la degradación de los alimentos ingeridos (García-Tovar & Gingins, 1969).



Figura 3. Mucosas de los compartimentos en ovinos, fotos obtenidas post-mortem. (Recuperado de García-Jalón *et al.*, 2001).

El retículo constituye aproximadamente el 5% del volumen estomacal y recibe componentes sólidos o cuerpos extraños que no pueden ser transportados al rumen, siguiendo el omaso que ocupa el 7%, y funciona como reservorio de agua y minerales como fósforo y sodio, además de absorber los ácidos grasos volátiles, por último, el abomaso representa el 8% de la capacidad estomacal; es considerado como el estómago verdadero, y en él se lleva a cabo la digestión ácida y enzimática (Galindo *et al.*, 2017).

2.7. Constantes fisiológicas de los ovinos

La respiración es un proceso indispensable para el mantenimiento de la vida, ya que asegura el funcionamiento normal desde el nivel celular hasta el del organismo completo, y en este proceso se produce dióxido de carbono como principal subproducto, el cual es transportado por la sangre venosa hacia los pulmones para ser eliminado, cuando esta se lleva a cabo, intervienen de manera coordinada el cerebro, el tronco encefálico, los músculos respiratorios, los pulmones, las vías respiratorias y los vasos sanguíneos, de modo que se refleja su complejidad, además la FR, entendida como el número de respiraciones por minuto, se encuentra finamente regulada con el propósito de que las células generen la energía necesaria de manera óptima en todo momento (Chourpiliadis *et al.*, 2022).

Al aumento de respiraciones por minuto se le conoce como taquipnea; la cual puede ser causada por la presencia de una persona extraña en el hato, la separación del grupo, estrés por la temperatura ambiental elevada o la falta de manejo previo del animal, entre otras causas, en contraste, la disnea puede originarse por trastornos digestivos como timpanismo, o bien por enfermedades respiratorias como

neumonías, bronquitis, o por obstrucciones causadas por objetos extraños como neoplasias o acumulación excesiva de moco en las vías respiratorias (Mendoza *et al.*, 2010).

Tiwari *et al.* (2021) definen que la FC es la reiteración de contracciones ventriculares y auriculares, que es determinada por la actividad intrínseca de las células del marcapasos en el nódulo sinusal que está influenciada por el nervio vago, en primer lugar se encuentra el sístole auricular, siguiendo la sístole ventricular y por último la fase de diástole de las cuatro cámaras y la dilatación para el llenado de sangre (Vázquez-Pérez *et al.*, 2023), existen rangos de lpm basándose en la edad, sexo, salud e hidratación del animal (Olshansky *et al.*, 2023).

La FC se incrementa en respuesta a las temperaturas ambientales elevadas, lo cual estimula un mayor flujo sanguíneo desde las zonas internas del cuerpo hacia la superficie, este mecanismo favorece la disipación del calor por conducción, convección y radiación, permitiendo también que llegue más agua a las glándulas sudoríparas, lo que facilita la termorregulación por evaporación, además, el aumento del flujo sanguíneo hacia la periferia representa una estrategia fisiológica clave para mantener la homeostasis térmica (Badakhshan & Abshenas, 2015).

Cuadro 1. Frecuencia cardíaca y frecuencia respiratoria en ovinos.

Animal	LPM	RPM
Cordero	115	15-18
Semental	70-80	16-34
Ovejas adultas	70-80	12-15
Ovejas viejas	55-60	9-12

Adaptado de Jaksch y Glaswischnig (1998).

La TR es una constante fisiológica que muestra los cambios en la temperatura corporal interna, ayudando a identificar si existe alguna alteración anormal en el animal, por lo que se realiza introduciendo un termómetro por el recto (Vicente-Pérez *et al.*, 2019), estos valores pueden tener variaciones por diversos factores como la actividad física, género, raza, edad y sexo (Castañeda *et al.*, 2023).

La TR en los ovinos oscila entre los 39-40 °C, cuando esta comienza a elevarse por encima de dichos valores, suele deberse a una temperatura ambiental cercana a los 32°C, provocando jadeo al alcanzar los 40°C, especialmente cuando la HR es inferior al 65 %, el límite superior de termorregulación se sitúa en una temperatura ambiente de aproximadamente 43°C, momento en el que el organismo activa mecanismos como la sudoración para liberar calor, si esta condición se prolonga durante varias horas, puede presentarse una hipertermia, debido a la pérdida excesiva de líquidos corporales y a la reducción del volumen sanguíneo (Srikandakumar *et al.*, 2003).

Cuadro 2. Temperatura rectal en ovinos.

Temperatura	Interpretación
39-40 °C	Normal
> 40 °C	Fiebre-pirexia
<37-39 °C	Hipotermia moderada
< 37 °C	Hipotermia severa

Adaptado de Macaldowie *et al.* (2004).

2.8. Bienestar animal

La Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA, 2008), establece que el individuo debe mantener un estado óptimo de salud física y mental desde el nacimiento hasta su destino final, el bienestar animal es una actividad multidimensional que abarca perspectivas científicas, éticas, económicas, culturales, sociales, religiosas y políticas, en este contexto, se consideran fundamentales las cinco libertades descritas en el año de 1965 por Roger Brambell:

- Libre de hambre, sed y desnutrición.
- Libre de temor y angustia.
- Libre de molestias físicas y térmicas.
- Libre de dolor, de lesiones y enfermedades.
- Libre de manifestar un comportamiento natural.

2.9. Estrés en pequeños rumiantes

El Dr. Hans Hugo Bruno Selye definió al estrés como un estado de susceptibilidad frente a una mala adaptación al entorno social, pero sostenía que “estar completamente libre de estrés es estar muerto”, por lo que propuso dos conceptos clave: la primera es eustrés, un tipo de estrés positivo que permite al organismo adaptarse y sobrevivir ante los eventos que se presentan, el segundo, el diestrés que es provocado por la acumulación de emociones y genera una resistencia a la adaptación, desencadenando ansiedad, agotamiento y, finalmente, un efecto negativo en forma de enfermedad (Casanova *et al.*, 2023).

Cuando el estrés supera la capacidad de adaptación del animal, se convierte en un factor patológico que puede ser originado por distintas causas: sociales

(aislamiento, hacinamiento de animales y jerarquía), ambientales (cambios bruscos de temperatura, humedad y falta de ventilación), de manejo, nutricionales (falta de agua o alimento) y sanitarias (presencia de enfermedades), estas condiciones afectan negativamente el consumo de alimento, la rumia, la fertilidad y la respuesta inmunológica, haciendo al animal más susceptible a enfermedades (Hristov *et al.*, 2012).

Ante situaciones de estrés, los ovinos han desarrollado adaptaciones celulares y tisulares que les permiten responder y sobrevivir a condiciones adversas, como parte de su respuesta biológica, se activa el mecanismo de “lucha o huida” a través de reacciones involuntarias reguladas por el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal, por su parte, los ganaderos desempeñan un papel clave al acondicionar las instalaciones para prevenir o disminuir los factores desencadenantes del estrés (Odeón *et al.*, 2017).

El impacto del estrés en la producción ganadera afecta directamente la productividad y calidad de los productos, a nivel de canal, puede provocar un pH elevado (> 6.0), lo cual altera el color, la capacidad de retención de agua y genera carne seca y oscura, conocida como “corte oscuro”, que es más susceptible a la contaminación bacteriana, por otro lado, en el ámbito reproductivo, el estrés incide negativamente en la fertilidad debido a los altos niveles de cortisol, que inhiben la liberación de GnRH, LH y estradiol (E2) durante el ciclo estral, en términos de salud y rentabilidad, estas alteraciones generan pérdidas económicas, ya que se reducen los ingresos y aumentan los egresos de los productores, poniendo en riesgo la rentabilidad del sistema productivo (Hood *et al.*, 1980).

López et al. (2014) describen que el Síndrome General de Adaptación, desencadenado por el estrés se manifiesta en tres etapas:

- Alarma: se activa la reacción de “lucha o huida” mediante la liberación de adrenalina, aumento en la FC, FR y los niveles de glucosa en sangre.
- Resistencia: el sistema inmunológico está en desequilibrio, lo que induce trastornos fisiológicos y mayor susceptibilidad a enfermarse.
- Agotamiento: ante la falta de reservas energéticas, disminuye el apetito, la actividad física y la ganancia de peso; el animal permanece postrado y con la cabeza inclinada.

Por su parte, Sejian et al. (2017), exponen que los ovinos presentan una notable capacidad de adaptación a distintos climas debido a su fisiología homeoterma, no obstante, para lograr dicha adaptación, deben afrontar diversos desafíos, como la resistencia a enfermedades y los cambios climáticos extremos en la temperatura y humedad, estos factores no solo afectan a los individuos, sino también a la disponibilidad y calidad de los pastos, el estrés ocasionado por estas condiciones conlleva una reducción en el consumo de agua y alimento, lo que impacta negativamente la salud, la producción, la reproducción y el valor comercial de los productos y subproductos ovinos (IPCC, 2013).

En medicina veterinaria se han desarrollado investigaciones sobre el estrés oxidativo, el cual ha sido relacionado con enfermedades respiratorias e infecciosas como mastitis, neumonías, enteritis, endometritis, sepsis y retención de placenta, por otro lado, actualmente la atención se ha enfocado más en los trastornos

metabólicos asociados al estrés, debido a su impacto en la producción animal y el bienestar general de los animales (Lykkesfeldt & Svendsen, 2007).

2.10. Estrés térmico

El estrés térmico es el resultado de la combinación de factores internos y externos que afectan a un animal, provocando un incremento en su temperatura corporal y una consecuente respuesta fisiológica, este tipo de estrés surge de la exposición a temperaturas ambientales elevadas, lo que impide una disipación de calor eficiente para el mantenimiento de la homeostasis (Gupta *et al.*, 2025).

Se ha demostrado que los pequeños rumiantes poseen la capacidad de adaptarse a climas extremos mediante una serie de mecanismos de adaptación que pueden clasificarse como conductuales, genéticos, fisiológicos y morfológicos (Correa *et al.*, 2022).

Entre los mecanismos conductuales estudiados se ha observado una disminución en el consumo de alimento, aumento en el consumo de agua y frecuencia de beberla, así mismo, la búsqueda de sombra, aumento de tiempo de reposo, la reducción del tiempo de actividad, así como una menor frecuencia en los eventos de micción y defecación (Gaughan *et al.*, 2018).

En cuanto a los mecanismos genéticos, se ha señalado que la tolerancia al calor varía según la raza ovina, entre las más adaptadas destacan la raza Suffolk, siguiendo con Dorset Horn, Merino Ruso y Rembouillet, esta tolerancia se debe a modificaciones biológicas desarrolladas a lo largo de generaciones, como resultado del estrés térmico experimentado durante etapas embrionarias, lo cual ha generado

alteraciones en el equilibrio hídrico, proteico y energético de la placenta, favoreciendo la adaptación a climas con altas temperaturas (Marai *et al.*, 2007).

Los pequeños rumiantes son activos tanto durante el día como en la noche, y regulan su actividad para controlar la cantidad de calor corporal y el uso de energía, cuando se presenta un aumento excesivo de la temperatura, los ovinos activan mecanismos fisiológicos que les permiten adaptarse a entornos con múltiples factores estresantes propios del verano, siendo el estrés térmico el más relevante, como respuesta disminuyen la ingesta de materia seca para reducir la producción interna de calor y mantener la termorregulación, lo que a su vez incrementa la respuesta respiratoria y el consumo de agua (Vicente-Pérez *et al.*, 2018).

Dentro de los mecanismos morfológicos se encuentran los cambios físicos que ocurren con el paso de las generaciones de animales y que mejoran su adaptación a un entorno determinado, por ejemplo, en ovinos se han evidenciado diversas adaptaciones morfológicas clave como la presencia de lana gruesa y suelta, reservas de tejido adiposo, el grosor de la cola, el color del pelaje y la pigmentación de la piel, características que favorecen su tolerancia a condiciones climáticas extremas (Berihulay *et al.*, 2019).

Los estímulos que desencadenan el estrés no son necesariamente dolorosos o psicológicos, sino también el estado del animal como el miedo o la ansiedad, que activan una respuesta fisiológica, siendo más susceptibles los animales de granja ya que presentan con mayor frecuencia los efectos negativos de calor, debido a los altos niveles de producción y características fisiológicas como la fermentación

ruminal, y la limitada capacidad de sudoración, afectando directamente a la producción (Tüfekci & Sejian, 2023).

Las temperaturas elevadas afectan tanto el desarrollo como la productividad de los ovinos, ya que inducen una disminución de consumo de alimento, y, en consecuencia, impiden satisfacer las altas demandas energéticas requeridas por el organismo durante los procesos de termorregulación (Vicente-Pérez *et al.*, 2020). Cuando los animales se exponen a un estrés térmico severo, aumentan la FC, FR y temperatura corporal, como parte de su mecanismo de disipación del calor, con ello, para mitigar estos efectos, las ovejas buscan sombra, consumen más agua, evitan la deshidratación y se benefician de una buena ventilación en las instalaciones (Čukić *et al.*, 2024).

2.11. Requerimientos Nutricionales

En los ovinos el agua es vital para regular la temperatura corporal, favorecer el crecimiento, la reproducción, mecanismos de lactancia, el funcionamiento digestivo, el intercambio de nutrientes y el equilibrio térmico, además, se ha estimado un consumo de 2 L de agua/kg de materia seca (MS) ingerida a temperaturas entre 0 y 15 °C, en relación aumenta a 3.1 L por kg de MS cuando las temperaturas superan los 20°C (Conrad, 1985), en cuanto a su ingesta relativa, los ovinos consumen entre un 9 y 11% de su peso corporal durante el invierno y entre un 10 y 25% en verano (Khan y Ghosh, 1989).

La energía es el potencial para realizar cualquier actividad derivada de los alimentos transformados durante el proceso digestivo, existen diversos tipos de energía utilizados en el metabolismo animal: energía digestible (relacionada con pérdidas

por orina), energía metabolizable (energía disponible para procesos fisiológicos), energía neta para mantenimiento y energía bruta (considera pérdidas por heces), los requerimientos energéticos varían según factores como la edad, sexo, peso, ambiente, estado de salud, etapa productiva o reproductiva, en el caso de la etapa de crecimiento en machos se ha estimado un requerimiento de 0.149 Mcal/kg de peso vivo (Elizondo-Salazar, 2008).

El pastoreo puede tener varios beneficios como el aporte de micronutrientes esenciales como el selenio, vitamina A y E, las cuales actúan como antioxidantes, ayudando a regular los niveles de radicales libres, y a mantener procesos fisiológicos clave como la apoptosis, maduración de ovocitos y la inmunidad celular, entre otras más, sin embargo, al disminuir la disponibilidad de pastos, los ovinos no logran cubrir sus requerimientos nutricionales y energéticos, lo que puede inducir un estado de estrés fisiológico (Celi, 2010).

2.12. Agua como factor crítico en la producción intensiva de ovinos

El agua constituye un elemento indispensable en la dieta de los ovinos, no solo por su función en los procesos digestivos y metabólicos, sino también porque determina la capacidad de los animales para mantener la homeostasis y el rendimiento productivo, en regiones semiáridas se ha observado que las ovejas presentan una menor capacidad de conservar agua que las cabras, ya que tienden a producir heces más secas y dependen más de un suministro continuo, en consecuencia, esta condición las hace más vulnerables a la deshidratación y a pérdidas de peso durante los periodos de sequía, situación que se intensifica bajo condiciones de

confinamiento intensivo donde el acceso al agua depende exclusivamente del manejo humano (Aganga, 2003).

Por otra parte, en sistemas intensivos no sólo es fundamental garantizar la disponibilidad constante de agua, sino también asegurar su calidad, ya que las restricciones en su consumo genera efectos directos sobre la productividad, en este sentido, ensayos realizados con ovejas adultas bajo diferentes niveles de restricción hídrica demuestran que reducir el acceso en un 25 a 50% disminuye significativamente la ingesta voluntaria y modifica la eficiencia en la utilización de la energía, no obstante, aunque se ha registrado un aumento en la digestibilidad de la fibra y de la energía como mecanismo compensatorio, la menor ingesta neta compromete la capacidad de mantener el peso corporal y limita la productividad cuando la restricción se prolonga (Hussein *et al.*, 2020).

Se ha documentado que, en promedio, los ovinos consumen alrededor de 3.15 L/día por animal, de los cuales cerca del 95% corresponde al agua de bebida y únicamente una fracción menor proviene del alimento, además, se han identificado diferencias notables entre individuos, ya que algunos animales requieren hasta 1.5 L adicionales respecto a otros sin obtener beneficios productivos, lo que sugiere que la eficiencia hídrica puede ser considerada como un criterio de selección en programas orientados a optimizar recursos en sistemas intensivos (Barros de Freitas *et al.*, 2021).

Otros ensayos han mostrado que el consumo de agua en acceso libre puede alcanzar los 4.5 L/día por animal, sin embargo la restricción moderada de un 33% no se ve afectada significativamente en la ganancia de peso, la ingesta de alimento,

ahora bien cuando la limitación es del 67%, se observan reducciones marcadas de productividad, teniendo ajustes fisiológicos como la disminución del volumen urinario, la producción de heces más concentradas, no obstante que los ovinos poseen mecanismos de adaptación frente a la escasez de agua, la reducción prolongada de este recurso compromete la viabilidad productiva, siendo más común en sistemas intensivos donde dependen al 100% del productor (Adeniji et al., 2020). En condiciones de engorda en corral, el consumo de agua en ovinos se ha estimado en alrededor de 2.7 L/animal/día, lo que equivale a un promedio de 2.5 a 3.0 L diarios por cabeza en dietas convencionales, con variaciones según la cantidad de materia seca ingerida, la densidad energética de la ración y la temperatura ambiental (da Silva et al., 2024).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación Geográfica

El estudio se realizó del mes de mayo a junio de 2024, en la unidad experimental del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna (UAAAN-UL) ubicada en las coordenadas geográficas 25°33'23"N 103°22'15"W con una altura de 1120 m. La temperatura promedio de la región es de 22°C, con mínimas de 0°C en invierno y máximas de 40°C en verano.

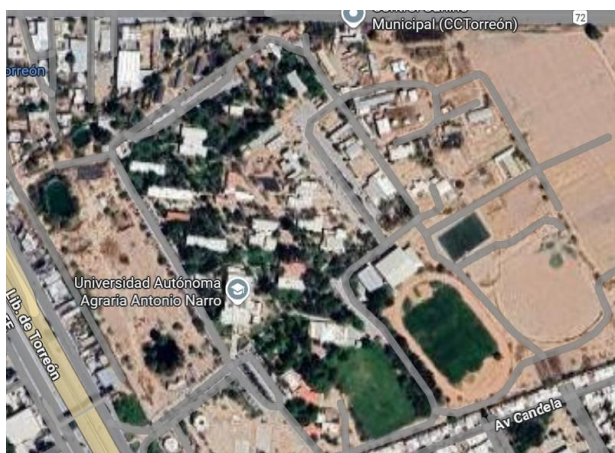


Figura 4. Ubicación Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna.

3.2. Diseño Experimental

El estudio se llevó a cabo bajo un diseño en bloques completamente al azar, utilizando un total de nueve ovinos criollos machos, los cuales fueron agrupados en bloques con base en su peso vivo (rango promedio entre 18 y 19 kg). Dentro de cada bloque, los animales fueron asignados aleatoriamente a uno de los tres tratamientos alimenticios, con tres animales por tratamiento ($n = 3$). Cada ovino fue considerado como una unidad experimental independiente. Los tratamientos se diferenciaron por la proporción de concentrado comercial (18% de proteína) y alfalfa

en la dieta. El tratamiento T1 consistió en una dieta compuesta por 80% de concentrado y 20% de alfalfa; el tratamiento T2 en una dieta con 50% de concentrado y 50% de alfalfa; y el tratamiento T3 en una dieta a base de 100% alfalfa. Las proporciones dietéticas de cada tratamiento fueron ajustadas semanalmente en función del peso vivo (8%) de cada animal, con el objetivo de asegurar una alimentación acorde con sus requerimientos nutricionales.

3.3. Manejo General

Los ovinos se alojaron individualmente en corrales de metal, previamente desinfectados. Se les administró alimento y agua fresca dos veces al día (7:00 am y 4:00 pm). La desinfección de los corrales se llevó a cabo diariamente por la mañana, mediante aspersión con un desinfectante comercial (AnimalCare®).

3.4. Variables

Las variables climáticas como temperatura ambiental (TA, °C) y humedad relativa (HR, %) se obtuvieron con un termohigrómetro digital (Delta Track, CA®, USA). El índice de temperatura-humedad (ITH) se calculó usando la siguiente fórmula: $ITH = 0.81 \times TA + HR (TA - 14.4) + 46.4$ (Hahn, 1999).

Las variables fisiológicas evaluadas fueron FC, FR y TR. La FC se midió mediante auscultación directa con un estetoscopio colocado sobre la región torácica izquierda, a la altura del quinto espacio intercostal, registrando el número de latidos por minuto (lpm) durante 60 segundos, con el ovino en reposo. La FR se obtuvo mediante la observación de los movimientos del flanco por minuto, a una distancia de 1.5 a 2 m, procurando no interferir en el espacio del animal ni realizar otros

manejos previos que pudieran alterar la medición, expresándose en respiraciones por minuto (rpm). La TR ($^{\circ}\text{C}$), se midió utilizando un termómetro digital (Checkatek®), el cual fue introducido en el recto del animal y mantenido en su lugar hasta obtener una lectura estable. La ganancia diaria de peso (GDP) se calculó dividiendo la ganancia de peso semanal entre el número de días del periodo evaluado, expresándose en kg/d.



Figura 5. Captura de temperatura y humedad en la unidad experimental (Fuente: elaboración propia).



Figura 6. Medición y registro de constantes fisiológicas de los ovinos en la unidad experimental (Fuente: elaboración propia).

3.5. Análisis Estadísticos

Los análisis estadísticos de FC, FR, TR y GDP se realizaron con el paquete estadístico Olivares-Sáenz (2012). El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar, con tratamiento como efecto fijo, bloque definido por el peso inicial. Cada animal se consideró como unidad experimental. Se utilizó la prueba estadística ANOVA; cuando el tratamiento fue significativo ($\alpha = < 0.05$), se aplicó Tukey (HSD). Se comprobaron normalidad y homogeneidad, usando transformaciones cuando fue necesario. TA, HR e ITH se reportaron con estadística descriptiva por semana $\times$ momento (media $\pm$ DE; mín-máx).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en los resultados obtenidos para condiciones climáticas (Cuadro 3), se observaron variaciones en las condiciones ambientales que influyeron en la respuesta fisiológica de los ovinos.

Cuadro 3. Condiciones climáticas semanales registradas por la mañana y por la tarde durante el estudio.

	Semanas						
	1	2	3	4	5	6	7
	TA °C						
Mañana	24	24	23	24	24	25	24
Tarde	39	37	40	41	41	38	35
	HR%						
Mañana	24	39	36	37	45	50	59
Tarde	11	12	11	11	12	14	30
	ITH, Unidades						
Mañana	68	69	68	70	70	72	71
Tarde	81	79	81	82	83	80	81

Por la mañana, la TA se mantuvo estable entre 23 y 25 °C, mientras que por la tarde alcanzó valores más elevados, con un máximo de 41 °C en las semanas 4 y 5. La HR mostró una tendencia ascendente por la mañana (24-59 %), mientras que en las tardes permaneció baja (11-14 %) en las primeras seis semanas, con un incremento marcado en la última.

En cuanto al ITH, los valores por la mañana oscilaron entre 68 y 72 unidades, rango que corresponde a condiciones de confort de acuerdo con Arero & Ozmen (2025), quienes señalan que valores ≤ 70 indican ausencia de estrés térmico. No obstante, por la tarde, el ITH superó las 80 unidades en casi todas las semanas, con excepción de la segunda (79), lo que representa un estado de estrés térmico severo (Neves *et al.*, 2009).

Esta exposición recurrente a condiciones ambientales desfavorables puede ocasionar un incremento de la FR, FC y TR, además de una disminución en el consumo voluntario de alimento y del peso corporal. Desde el punto de vista hormonal, también puede inducir un aumento de los niveles de cortisol, mientras que a nivel metabólico se traduce en un mayor estrés oxidativo, reflejado en el incremento de la actividad del superóxido dismutasa, mayor oxidación proteica y producción de especies reactivas de oxígeno (Belhadj-Slimen *et al.*, 2019). Asimismo, el estrés térmico reduce la defensa inmunológica natural de los animales, haciéndolos más susceptibles a enfermedades (Rahal *et al.*, 2014).

De acuerdo con la clasificación de Muñoz-Chaux *et al.* (2013), los valores de ITH pueden clasificarse en categorías de riesgo: ≤ 70 normal, 71-78 alerta, 79-83 peligro y ≥ 83 emergencia, por lo que los resultados de este estudio ubican a los ovinos en un escenario de peligro constante y con picos de emergencia en semanas críticas. Investigaciones recientes han confirmado que mantener valores superiores a 80 genera efectos acumulativos sobre la fisiología y la productividad de los ovinos. Zou *et al.* (2025) reportaron en ovejas que la exposición sostenida al calor incrementa de manera significativa la FR y FC, además de reducir la capacidad antioxidante y alterar la expresión génica en tejidos reproductivos. Ngcobo *et al.* (2025), en una

revisión realizada en climas subtropicales, concluyeron que la repetición de valores elevados de ITH disminuye la eficiencia alimenticia, la fertilidad y el bienestar animal, generando pérdidas económicas y productivas.

En este sentido, los resultados obtenidos en este estudio sugieren que los ovinos enfrentaron un estrés térmico acumulativo, particularmente en las semanas 4 y 5, cuando los valores se situaron en la categoría de emergencia. Estas evidencias refuerzan la importancia de implementar medidas de mitigación, como el acceso a sombra, ventilación adecuada y dietas con mayor densidad energética, para reducir el impacto del calor extremo y mantener la homeostasis en los sistemas de producción ovina en regiones áridas.

El NRC (1981), indica que la ingesta de alimento depende de factores como la digestibilidad, la cantidad consumida y la capacidad de metabolizar los nutrientes. En condiciones de calor, la ingesta voluntaria se reduce de manera significativa, especialmente en dietas donde se administró alfalfa solamente, lo que coincide con lo observado en el presente estudio. (Van Wettere *et al.*, 2021; Barragán-Sierra *et al.*, 2021).

Por ello, es fundamental ajustar la composición de las dietas en función de las condiciones ambientales para minimizar el impacto del estrés térmico.

En el Cuadro 4 se presentan los valores de FC, donde no hubo diferencia estadística significativa entre tratamientos ($P > 0.05$). Por la mañana, los registros oscilaron entre 87 y 100 lpm, lo cual coincide con lo reportado por Zaytsev *et al.* (1971), (70-80 lpm) confirman que los ovinos experimentaron un incremento asociado a la exposición ambiental. Por la tarde, la FC se ubicó entre 92 y 107 lpm, alcanzando

un máximo de 107 lpm en la cuarta semana en el T3, lo que se clasifica como estrés severo.

Cuadro 4. Valores de FC (lpm) de ovinos criados bajo diferente sistema de alimentación.

	Semana						
	1	2	3	4	5	6	7
Mañana							
T1	92 ^a	90 ^a	88 ^a	91 ^a	89 ^a	87 ^a	96 ^a
T2	99 ^a	89 ^a	92 ^a	94 ^a	95 ^a	94 ^a	100 ^a
T3	90 ^a	88 ^a	89 ^a	99 ^a	97 ^a	95 ^a	98 ^a
Tarde							
T1	95 ^a	99 ^a	94 ^a	102 ^a	97 ^a	92 ^a	92 ^a
T2	100 ^a	102 ^a	95 ^a	106 ^a	95 ^a	93 ^a	92 ^a
T3	101 ^a	100 ^a	98 ^a	107 ^a	99 ^a	99 ^a	92 ^a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

Esto se reflejó en el Cuadro 5, donde hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($P < 0.05$), solo en las semanas 2 y 7, debido a la reducción del consumo voluntario de alimento, lo cual se vio reflejado en la ausencia de GDP en esas semanas.

El aumento de la FC constituye en un mecanismo fisiológico que favorece la disipación del calor por conducción, convección y evaporación al incrementar el flujo sanguíneo periférico (Tansey & Johnson, 2015; Caron & Richard, 2016). Sin embargo, cuando se mantiene en el tiempo, este comportamiento puede interpretarse como un indicador de estrés térmico crónico (Rodríguez, 2016).

Cuadro 5. Ganancia diaria de peso (GDP; kg/d) en ovinos criados bajo diferente sistema de alimentación.

	Semana						
	1	2	3	4	5	6	7
T1	0.276 ^a	0.429 ^a	0.333 ^a	0.190 ^a	0.524 ^a	0.333 ^a	0.286 ^a
T2	0.229 ^a	0.381 ^a	0.333 ^a	0.190 ^a	0.476 ^a	0.286 ^a	0.381 ^a
T3	0.262 ^a	0.190 ^b	0.333 ^a	0.190 ^a	0.238 ^a	0.286 ^a	0.048 ^b

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

De acuerdo con el Cuadro 6, la FR mostró incrementos claros durante el estudio, aunque no hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($P > 0.05$). Los valores de referencia para ovinos se sitúan entre 15 y 30 rpm (Robertshaw & Dmi'el 1983). Según Silanikove (2000a), se clasifica como estrés leve cuando oscila entre 40-60 rpm, moderado entre 60-80 rpm, grave entre 80-120 rpm y de urgencia cuando supera las 200 rpm acompañado de jadeo.

En las mediciones realizadas por la mañana, los tratamientos T2 y T3 presentaron promedios de 52-58 rpm en las semanas 1 y 2, lo que corresponde a estrés leve; en contraste, el tratamiento T1 registró entre 62 y 76 rpm, clasificado como estrés moderado. Durante la tarde, en las primeras dos semanas, los valores fluctuaron entre 60 y 71 rpm en los tres tratamientos, manteniéndose en estrés leve. Sin embargo, desde la semana 3 y hasta la 7, las FR aumentaron de forma sostenida, alcanzando rangos de 81 a 87 rpm, lo que corresponde a estrés grave.

Este incremento progresivo puede interpretarse como un mecanismo fisiológico de los ovinos para mantener la temperatura corporal dentro de rangos normales, mediante mayor intercambio de calor por evaporación respiratoria. Esta respuesta

ha sido descrita como una de las principales adaptaciones frente a condiciones de calor ambiental extremo (Silanikove 2000b).

Cuadro 6. Valores de FR (rpm) de ovinos criados bajo diferente sistema de alimentación.

	Semana						
	1	2	3	4	5	6	7
Mañana							
T1	64 ^a	62 ^a	73 ^a	67 ^a	76 ^a	77 ^a	77 ^a
T2	54 ^a	58 ^a	68 ^a	63 ^a	72 ^a	72 ^a	75 ^a
T3	52 ^a	58 ^a	62 ^a	67 ^a	70 ^a	71 ^a	76 ^a
Tarde							
T1	65 ^a	71 ^a	85 ^a	85 ^a	85 ^a	84 ^a	83 ^a
T2	60 ^a	69 ^a	87 ^a	86 ^a	82 ^a	82 ^a	81 ^a
T3	61 ^a	71 ^a	84 ^a	87 ^a	82 ^a	82 ^a	82 ^a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

El Cuadro 7 se muestran los valores de TR de los ovinos bajo los distintos sistemas de alimentación, donde no hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($P > 0.05$). La TR es uno de los indicadores fisiológicos más sensibles para evaluar el balance térmico, ya que refleja de forma directa los procesos de ganancia y pérdida de calor en el organismo (Galán *et al.*, 2018).

Un incremento de apenas 1 °C por encima del rango fisiológico puede reducir el rendimiento productivo y comprometer la homeostasis, obligando al animal a activar mecanismos compensatorios (Al-Dawood 2017). En ovinos, la TR de referencia se encuentra entre 37 y 39 °C (Okoruwa, 2015). En este estudio, la mayoría de los registros permanecieron dentro de dicho rango, tanto en la mañana como en la

tarde, lo que indica una adecuada capacidad de regulación térmica. No obstante, en la cuarta semana se registró un valor de 40 °C en el T2 durante la tarde, lo que corresponde a un episodio de estrés térmico leve. Aunque aislado, este hallazgo confirma la influencia directa de las condiciones ambientales sobre la estabilidad fisiológica de los ovinos y la necesidad de considerar medidas preventivas en sistemas productivos expuestos a temperaturas elevadas.

Cuadro 7. Valores de TR (°C) de ovinos criados bajo diferente sistema de alimentación.

	Semana						
	1	2	3	4	5	6	7
	Mañana						
T1	37 ^a	39 ^a	39 ^a	39 ^a	37 ^a	39 ^a	39 ^a
T2	39 ^a	39 ^a	39 ^a	39 ^a	39 ^a	39 ^a	39 ^a
T3	39 ^a	39 ^a	39 ^a	39 ^a	39 ^a	39 ^a	39 ^a
	Tarde						
T1	38 ^a	40 ^a	39 ^a	39 ^a	39 ^a	39 ^a	39 ^a
T2	39 ^a	39 ^a	39 ^a	40 ^a	39 ^a	39 ^a	39 ^a
T3	39 ^a	39 ^a	39 ^a	39 ^a	39 ^a	39 ^a	39 ^a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

5. CONCLUSIONES

En este estudio se confirmó la presencia de estrés térmico en ovinos, con predominio de respuestas fisiológicas de estrés leve a moderado durante la mayor parte del periodo. No obstante, durante el estudio se registraron valores críticos de ITH, FC y FR en la mañana y tarde, compatibles con estrés grave. Estas respuestas reflejan una carga térmica acumulativa con potencial para comprometer el bienestar y la productividad. Los resultados subrayan la importancia de implementar medidas de manejo ambiental y nutricional, como sombra, ventilación, agua fresca y dietas, a fin de mitigar los efectos del calor extremo en los sistemas de producción ovina.

6. LITERATURA CITADA

- Adeniji, Y. A., Sanni, M. O., Abdoun, K. A., Samara, E. M., Al-Badwi, M. A., Bahadi, M. A., Alhidary, I. A., & Al-Haidary, A. A. 2020. Resilience of lambs to limited water availability without compromising their production performance. *Animals*, 10(9): 1491.
- Aganga, A. A. 2003. Water utilization by sheep and goats in semi-arid regions. FAO Animal Production and Health Paper.
- Aguilar-Martínez, C. U., Barruecos-Villalobos, J. M., Espinoza-Gutiérrez, B., Segura-Correa, J. C., Valencia-Méndez, J., & Roldán-Roldán, A. 2017. Origen, historia y situación actual de la oveja Pelibuey en México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 20: 429-439.
- Al-Dawood, A. 2017. Towards Heat Stress Management in Small Ruminants - A Review. *Annals of Animal Science*, 17, 59-88.
- Al-Ramamneh, D. 2023. Thermoregulation in sheep and goats: A review. *Asian Journal of Biology*, 17(1): 34-42.
- Aranda-Melo, B., Herrera-Barrera, N. A., Rojas-Rojas, J. F., & López-Díaz, C. A. 2019. La ovinocultura social en México: características e importancia. *Revista Académica Ciencia Animal Open Access*, 17(1): 263-266.
- Arero, G. B., & Ozmen, O. 2025. Effects of heat stress on reproduction and gene expression in sheep. *Animal Reproduction*, 22(1): 1-19.

- Badakhshan, Y., & Abshenas, J. 2015. Changes in body temperature, respiration, heart rate and certain serum biochemical parameters of sheep during summer heat stress in Jiroft. *Journal of Veterinary Research*, 70(3): 333-339.
- Barragán-Sierra, A., Avendaño-Reyes, L., Hernández-Rivera, J. A., Vicente-Pérez, R., Correa-Calderón, A., Mellado, M., Meza-Herrera, C. A., & Macías-Cruz, U. 2021. Termorregulación y respuestas reproductivas de carneros bajo estrés por calor. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(3): 910-931.
- Barros de Freitas, A. C., Bartholazzi Junior, A., Quirino, C. R., & Dias da Costa, R. L. 2021. Water and food utilization efficiencies in sheep and their relationship with some production traits. *Small Ruminant Research*, 197: 106334.
- Basurto-Hernández, S., Galindo-Paliza, L. M., & Ríos-Mohar, J. 2023. Impactos económicos potenciales del cambio climático en la ganadería: caso de México. *Problemas del Desarrollo*, 54(212): 27-60.
- Bedoya-Mejía, O., Posada-Arias, S., Millán-Cardona, L., & Ruales-Carlos, A. D. 2017. Efecto del ensilaje de *Tithonia diversifolia* sobre la composición láctea en hembras ovinas. *Revista Lasallista de Investigación*, 14(1): 93-102.
- Belhadj-Slimen, I., Chniter, M., Najar, T., & Graham, A. 2019. Meta-analysis of some physiologic, metabolic and oxidative responses of sheep exposed to environmental heat stress. *Livestock Science*, 229: 179-187.
- Ben Moula, A., Kchikich, A., Chentouf, M., Hamdache, A., Bouraada, K., Essafi, M., & Ezziyyani, M. 2024. Climate change impacts on sheep and goat production and reproduction. *Journal of Central European Agriculture*, 25(4): 910-918.

- Berihulay, H., Abied, A., He, X., Jiang, L., & Ma, Y. 2019. Adaptation mechanisms of small ruminants to environmental heat stress. *Animals*, 9(3): 75.
- Bianca, W. 1962. Relative importance of dry- and wet-bulb temperatures in causing heat stress in cattle. *Nature*, 195: 251-252.
- Bobadilla-Soto, E. E., Ochoa-Ambríz, F., & Perea-Peña, M. 2021. Dinámica de la producción y consumo de carne ovina en México (1970-2019). *Agronomía Mesoamericana*, 32(3): 963-982.
- Bover-Felices, K., González-García, E., Stark, F., Charles-Henri, M., & Suárez-Hernández, J. 2018. Evaluación de la estructura, el funcionamiento y el desempeño de agrosistemas mixtos agricultura-ganadería. *Pastos y Forrajes*, 41(3): 1-13.
- Brambell, F. W. 1965. Report of the technical committee to enquire into the welfare of animals kept under intensive livestock husbandry systems. HMSO.
- Brown-Brandl, T. M. 2018. Understanding heat stress in beef cattle. *Brazilian Journal of Animal Science*, 47.
- Caron, A., & Richard, D. 2016. Neural systems and circuits involved in the control of food intake and adaptive thermogenesis. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1391(1): 35-53.
- Casanova-Moreno, M. de la C., González-Casanova, W., Manchado-Reyes, F., Casanova-Moreno, D., & González-López, M. 2023. Hans Hugo Bruno Selye y el estrés: hito en la historia de la medicina moderna. *Gaceta Médica Espirituana*, 25(2): 1-12.

- Castañeda, B., Soto-Puebla, D., Meza-Figueroa, D., Navarro-Espinoza, S., & Pedroza-Montero, M. 2023. Body temperature, thermometers and health. *Epistemeus*, 15(30): 53-57.
- Celi, P. 2010. The role of oxidative stress in small ruminants' health and production. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(supl. especial): 348-363.
- Chávez-Espinoza, M., Cantú-Silva, I., González-Rodríguez, H., & Montañez-Valdez, O. D. 2022. Sistemas de producción de pequeños rumiantes en México y su efecto en la sostenibilidad productiva. *Revista MVZ Córdoba*, 27(1): 1-14.
- Chourpiliadis, C., & Bhardwaj, A. 2022. Fisiología, frecuencia respiratoria. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.
- Conrad, J. H. 1985. Stress physiology in livestock. Volume I. Basic principles. CRC Press.
- 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. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(2): 1-14.
- Čukić, A., Cincović, M., Djoković, R., Rakonjac, S., Petrović, M., & Petrović, M. Ž. 2024. Heat stress impact on sheep production. *Veterinary Review*, 5(1): 41-51.
- da Silva, D. C., Marques, C. A. T., Lima, P. O., Pereira, M. L. A., & Oliveira, R. L. 2024. Water intake and performance of feedlot lambs fed diets with different energy densities. *Small Ruminant Research*, 232: 107272.

- Elizondo-Salazar, J. 2008. Requerimientos nutricionales de cabras lecheras. *Agronomía Mesoamericana*, 19(1): 1-9.
- Estell, R. E., Havstad, K. M., Cibils, A. F., Fredrickson, E. L., Anderson, D. M., Schrader, T. S., & James, D. K. 2012. Increasing shrub use by livestock in a world with less grass. *Rangeland Ecology & Management*, 65(6): 553-562.
- Galán, E., Llonch, P., Villagrà, A., Levit, H., Pinto, S., & del Prado, A. 2018. A systematic review of non-productivity related animal-based indicators of heat stress resilience in dairy cattle. *PLOS ONE*, 13(11): e0206520.
- Galindo, J., Elías, A., Muñoz, E., Marrero, Y., González, N., & Sosa, A. 2017. Activadores ruminales, aspectos generales y sus ventajas en la alimentación de animales rumiantes. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(1): 1-9.
- García-Jalón, J. A., Ferrer-Mayayo, L. M., & de las Heras-Guillamón, M. 2001. Atlas de Patología Ovina. Servet.
- García-Sacristán, A. 2018. Fisiología Veterinaria. Tébar Flores: (ISBN 978-84-7360-644-8).
- García-Tovar, J., & Gingins, M. 1969. Anatomía y fisiología del aparato digestivo de los rumiantes. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/02-anatomia_fisiologia_digestivo.pdf
- Gaughan, J. B., Sejian, V., Mader, T. L., & Dunshea, F. R. 2018. Adaptation strategies: ruminants. *Animal Frontiers*, 9(1): 47-53.

- Gupta, M., Vaidya, M., Kumar, S., Singh, G., Osei-Amponsah, R., & Chauhan, S. S. 2025. Heat stress: A major threat to ruminant reproduction and mitigating strategies. *International Journal of Biometeorology*, 69(1): 209-224.
- Hahn, G. L. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *Journal of Animal Science*, 77(Suppl 2): 10-20.
- Henry, B. K., Eckard, R. J., & Beauchemin, K. A. 2018. Adaptation of ruminant livestock production systems to climate changes. *Animal*, 12(S2): s445-s456.
- Hernández-Guzmán, F. J., Mendoza-Pedroza, S. I., & Antonio-Medina, A. 2023. Producción y calidad de la carne de ovino de pastoreo en el Estado de México. *NACAMEH*, 17(2): 101-108.
- Hernández-Marín, J. A., Valencia-Posadas, M., Ruiz-Nieto, J. E., Mireles-Arriaga, A. I., Cortez-Romero, C., & Gallegos-Sánchez, J. 2017. Contribución de la ovinocultura al sector pecuario en México. *Agroproductividad*, 10(3): 87-93.
- Hood, D., & Tarrant, P. V. 1980. The problem of dark-cutting in beef. *Current Topics in Veterinary Medicine and Animal Science*, 10: 141-164.
- Hristov, S., Maksimovic, N., Stankovic, B., Zujovic, M., Pantelic, V., Stanisic, N., & Zlatanovic, Z. 2012. The most significant stressors in intensive sheep production. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 28(4): 649-658.
- Hussein, A. H., Puchala, R., Gipson, T. A., Tadesse, D., Wilson, B. K., & Goetsch, A. L. 2020. Effects of water restriction on feed intake, digestion, and energy utilization by mature female St. Croix sheep. *Veterinary and Animal Science*, 10: 100132.

- IPCC (Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., & Midgley, P. M., eds.). 2013. Climate change 2013: The physical science basis. Cambridge University Press.
- Jaksch, W., & Glaswischnig, E. 1998. Propedéutica clínica de las enfermedades y de la piel de los animales domésticos. Editorial Acribia.
- Joy, A., Dunshea, F. R., Leury, B. J., Clarke, I. J., DiGiacomo, K., & Chauhan, S. S. 2020. Resilience of small ruminants to climate change and increased environmental temperature: A review. *Animals*, 10(5): 867.
- Kadim, T. I., Mahgoub, O., Al-Kindi, A., Al-Marzooqi, W., & Al-Saqri, S. 2006. Effects of transportation at high ambient temperatures on physiological responses, carcass and meat quality characteristics of Omani goats. *Meat Science*, 73: 1-9.
- Ke, T., Zhao, M., Zhang, X., Cheng, Y., Sun, Y., Wang, P., Ren, C., Cheng, X., Zhang, Z., & Huang, Y. 2023. Review of feeding systems affecting production, carcass attributes, and meat quality of ovine and caprine species. *Life*, 13(6): 1215.
- Khan, M. S., & Ghosh, P. K. 1989. Physiological responses of desert sheep and goats to grazing during summer and winter. *Indian Journal of Animal Science*, 59(5): 600-603.
- López-Santana, Y., Díaz-Berasategui, Y., Cintra-Hernández, Y., & Limonta-Rodríguez, R. 2014. Estrés, el “gran depredador”. *Revista Información Científica*, 28(2): 375-384.

- Lykkesfeldt, J., & Svendsen, O. 2007. Oxidants and antioxidants in disease: Oxidative stress in farm animals. *Veterinary Journal*, 173(3): 502-511.
- Macaldowie, C., Eales, A., & Small, J. 2004. Practical lambing and lamb care. *Moredun*: 4-263.
- Marai, I. F. M., El-Darawany, A. A., Fadiel, A., & Abdel-Hafez, M. A. M. 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep - A review. *Small Ruminant Research*, 71: 1-12.
- Martín-Bellido, M., Escribano-Sánchez, M., Mesías-Díaz, F. J., Rodríguez-de Ledesma Vega, A., & Pulido-García, F. 2001. Sistemas extensivos de producción animal. *Archivos de Zootecnia*, 50(192): 465-489.
- Martín-Maestro, A., Sánchez-Ajofrín, I., Iniesta-Cuerda, M., Medina-Chávez, D., Maside, C., Fernández-Santos, M. R., Garde, J., & Soler, A. J. 2025. Heat stress affects the functionality of the ovine cumulus-oocyte complex. *Scientific Reports*, 15(1): 17163.
- Mendoza, G. A., Berumen, A. A. C., Santamaría, M. E., & Vera, C. G. G. 2010. Diagnóstico clínico del ovino. Fundación PRODUCE Tabasco.
- Morgan, J. A., LeCain, D. R., Pendall, E., Blumenthal, D. M., Kimball, B. A., Carrillo, Y., Williams, D. G., Heisler-White, J., Dijkstra, F. A., & West, M. 2011. C4 grasses prosper as carbon dioxide eliminates desiccation in warmed semi-arid grassland. *Nature*, 476(7359): 202-205.
- Muñoz-Chaux, J., Gómez-Laveriano, A. L., Rojas-Pimentel, C. C., Orjuela, J. A., & Valencia-Hernández, A. F. 2013. Determinación de la incidencia de estrés

- calórico en bovinos doble propósito. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 14(7): 1-11.
- Neves, M. W., de Azevedo, M. L., Barros-da Costa, M., Guim, L. A., Menino-Leite, A., Cariri-Chagas, A., & Níveis, J. 2009. Índice de confort térmico en ovinos Santa Inés. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 31(2): 169-175.
- Ngcobo, J. N., Egerszegi, I., & Nephawe, K. A. 2025. Recent advances in understanding the impact of environmental heat stress on sheep production. *Climate*, 13(6): 130.
- Niderkorn, V., Martin, C., Rochette, Y., Julien, S., & Baumont, R. 2015. Associative effects between orchardgrass and red clover silages on voluntary intake and digestion in sheep: Evidence of a synergy on digestible dry matter intake. *Journal of Animal Science*, 93(10): 4967-4976.
- NRC (National Research Council). 1981. Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals. National Academy Press.
- Ocak Yetisgin, S., Önder, H., Şen, U., Piwczyński, D., Kolenda, M., Sitkowska, B., & Yücel, C. 2022. Farmers' risk perception on climate change. *Animals*, 12(15): 1992.
- Odeón, M. M., & Romera, S. A. 2017. Estrés en ganado: causas y consecuencias. *Revista Veterinaria*, 28(1): 69-77.
- Okoruwa, M. I. 2015. Effect of coat characteristics on physiological traits and heat tolerance of West African Dwarf sheep. *Open Journal of Animal Sciences*, 5(4): 351-357.

- Olivares-Sáenz, E. 2012. Paquete de diseños experimentales. Facultad de Agronomía, UANL.
- Olshansky, B., Ricci, F., & Fedorowski, A. 2023. Importance of resting heart rate. *Trends in Cardiovascular Medicine*, 33(8): 502-515.
- OMSA (World Organisation for Animal Health) (WOAH). 2008. Second OIE Global Conference on Animal Welfare: 'Putting the OIE standards to work'. Proceedings.
- Partida-de la Peña, J. A., Ríos-Rincón, F. G., de la Cruz-Colín, L., Domínguez-Vara, I. A., & Buendía-Rodríguez, G. 2017. Caracterización de las canales ovinas producidas en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(3): 269-277.
- Peacock, C., & Sherman, D. M. 2010. Sustainable goat production: Some global perspectives. *Small Ruminant Research*, 89(2-3): 70-80.
- Rahal, A., Ahmad, A. H., Prakash, A., Mandil, R., & Kumar, A. T. 2014. Environmental attributes to respiratory diseases of small ruminants. *Veterinary Medicine International*, 853627.
- Raizada, A., Sharma, S., & Srivastava, N. 2022. Climate change - An overview. *Journal of Mountain Research*, 17(2): 205-214.
- Reece, W. O. 2015. Dukes' physiology of domestic animals. Wiley-Blackwell (13th ed.).
- Relling, A. E., & Mattioli, G. A. 2003. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. EDULP.

- Robertshaw, D., & Dmi'el, R. 1983. The effect of dehydration on the control of panting and sweating in the black Bedouin goat. *Physiological Zoology*, 56: 412-418.
- Rodríguez, I. M. 2016. Estrés térmico, salud y confort laboral. Pan American Health Organization: 1-40.
- Roques, K. G., O'Connor, T. G., & Watkinson, A. R. 2001. Dynamics of shrub encroachment in an African savanna: Relative influences of fire and herbivory, rainfall and density dependence. *Journal of Applied Ecology*, 38: 268-280.
- Sejian, V., Bhatta, R., Gaughan, J., Kumar, M. P., Naqvi, S. M. K., & Lal, R. 2017. Sheep production adapting to climate change. Springer, Singapore: 22-27.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Población ganadera nacional 2023. SADER.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2024. Panorama agroalimentario 2024. SADER: 160-163.
- Silanikove, N. 1992. Effects of water scarcity and hot environment on appetite and digestion in ruminants: A review. *Livestock Production Science*, 30: 175-194.
- Silanikove, N. 2000a. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*, 67: 1-18.
- Silanikove, N. 2000b. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. *Small Ruminant Research*, 35(3): 181-193.

- Sosa-Baldivia, A., & Ruiz-Ibarra, G. 2017. The availability of food in Mexico: An analysis of 35 years agricultural production and its projection for 2050. *Papeles de Población*, 23(93): 1-23.
- Srikandakumar, A., Johnson, E. H., & Mahgoub, O. 2003. Effect of heat stress on respiratory rate, rectal temperature and blood chemistry in Omani and Australian Merino sheep. *Small Ruminant Research*, 49(2): 193-198.
- Tansey, E. A., & Johnson, C. D. 2015. Recent advances in thermoregulation. *Advances in Physiology Education*, 39(3): 139-148.
- Tiwari, R., Kumar, R., Malik, S., Raj, T., & Kumar, P. 2021. Analysis of heart rate variability and implication of different factors on heart rate variability. *Current Cardiology Reviews*, 17(5): e160721189770.
- Tüfekci, H., & Sejian, V. 2023. Stress factors and their effects on productivity in sheep. *Animals*, 13.
- Vaca-Cárdenas, M. L., Quishpe-Guanotuña, C. V., Condolo-Ortiz, L. A., & Velazco-Matveev, L. A. 2020. Características fisiológicas del vellón ovino y su efecto termorregulador en el uso de emprendimientos textiles. *Polo del Conocimiento*, 5(8): 1-19.
- Van Auken, O. W. 2009. Causes and consequences of woody plant encroachment into western North American grasslands. *Journal of Environmental Management*, 90(10): 2931-2942.
- Van Wettere, W. H. E. J., Kind, K. L., Gatford, K. L., Swinbourne, A. M., Leu, S. T., Hayman, P. T., Kelly, J. M., Weaver, A. C., Kleemann, D. O., & Walker, S. K.

2021. Review of the impact of heat stress on reproductive performance of sheep. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12: 26.
- Vázquez-García, V. 2015. Ganado menor y enfoque de género: aportes teóricos y metodológicos. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 12(4): 515-531.
- Vázquez-Pérez, J. J., Cervacio-Beas, O. N., de Luna-Velasco, L. E., & García-Ortiz, L. 2023. Heart rate: A systematic review. *Enfermería de Cardiología*, 30(90): 1-16.
- Vicente-Pérez, A., Avendaño-Reyes, L., Barajas-Cruz, R., Macías-Cruz, U., Correa-Calderón, A., Vicente-Perez, R., Corrales-Navarro, J. L., & Guerra-Liera, J. E. 2018. Parámetros bioquímicos y hematológicos en ovinos de pelo con y sin sombra bajo condiciones desérticas. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(14): 259-269.
- Vicente-Pérez, R., Macías-Cruz, U., Avendaño-Reyes, L., Correa-Calderón, A., Luna-Palomera, C., & Chay-Canul, A. J. 2019. Relación de temperatura rectal y frecuencia respiratoria con temperaturas de pelo obtenidas por termografía en ovejas gestantes estresadas por calor. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria*, 115(3): 219-230.
- Vicente-Pérez, R., Macías-Cruz, U., Avendaño-Reyes, L., Correa-Calderón, A., López-Baca, M. A., & Lara-Rivera, A. L. 2020. Heat stress impacts in hair sheep production. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(1): 205-222.

Zaytsev, V. I., Sinev, A. V., Ionov, P. S., Va-Silyev, A. V., & Sharabrin, I. G. 1971.

Clinical diagnostic of internal diseases of farm animals. Kolos Publishing House: 336.

Zou, J., Wei, L., Mo, Z., Liang, Y., Lu, J., Zou, J., Wang, F., Wu, S., He, H., Li, W.,

Huang, Y., & Jiang, Q. 2025. Impact of heat stress on ovarian function and circRNA expression in Hu sheep. *Animals*, 15(14): 2063.