

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**



**EFFECTO DEL USO DE SOMBRA EN OVINOS DE PELO  
ENGORDADOS BAJO ESTRÉS CALÓRICO: PARÁMETROS  
PRODUCTIVOS Y FISIOLÓGICOS**

**TESIS**

QUE COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

PRESENTA  
**JOSÉ LUIS CORRALES NAVARRO**

DIRECTOR DE TESIS  
**Ph.D. LEONEL AVENDAÑO REYES**

Mexicali, B.C., México

Junio de 2018

La presente tesis “EFECTO DEL USO DE SOMBRA EN OVINOS DE PELO ENGORDADOS BAJO ESTRÉS CALÓRICO: PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y FISIOLÓGICOS”, realizada por el C. José Luis Corrales Navarro, y dirigida por el Dr. Leonel Avendaño Reyes, ha sido evaluada y aprobada por el Comité Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el grado de:

**Maestro en Ciencias en Sistemas de Producción Animal**

Comité particular



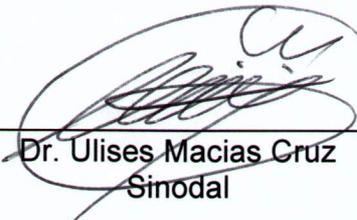
---

Dr. Leonel Avendaño Reyes  
Director de Tesis



---

Dr. Juan Eulogio Guerra Liera  
Co-Director



---

Dr. Ulises Macias Cruz  
Sinodal



---

Dr. Abelardo Correa Calderón  
Sinodal

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo brindado para realizar mis estudios de posgrado.

A la Universidad Autónoma de Baja California por permitirme formar parte de ella, y un especial agradecimiento al Instituto de Ciencias Agrícolas por haberme permitido ser estudiante de esta reconocida institución.

Especial agradecimiento a los profesores del cuerpo académico de “Fisiología y Genética” por su paciencia, dedicación y compartir su conocimiento para darme una formación integral.

Agradezco a mi asesor Leonel Avendaño por sus consejos, el tiempo invertido en mi formación y especialmente por su amistad.

Al Dr. Juan Eulogio Guerra Liera por motivarme y apoyarme para estudiar un posgrado.

Al Dr. Ulises Macías Cruz, por compartir sus conocimientos, enseñanzas y amistad, por sus comentarios, consejos y sugerencias.

Al Dr. Abelardo Correa, por su paciencia, enseñanzas y ejemplo.

Por ultimo agradezco a compañeros y amigos que estuvieron conmigo en este proceso de formación y que ayudaron a llevar este trabajo acabo

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la vida, mostrarme que sin el nada es posible y darme su ayuda a pesar de mis malas decisiones.

A mi esposa, Jalda Gabriela Pérez, por darme el apoyo y el tiempo para realizar este logro.

A mis padres Rosa Veronica Navarro Ortiz y José Luis Corrales Aguirre, por su apoyo incondicional y estar siempre pendiente de mi mostrándome su amor.

## INDICE

LISTA DE CUADROS .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. La ganadería y el Cambio Climático.....	3
2.2. Producción ovina en México y el mundo.....	5
2.3. Fisiología de la termorregulación en ovinos .....	7
2.3.1. Frecuencia respiratoria.....	8
2.3.2. Temperatura rectal en ovinos.....	9
2.3.3. Consumo de agua y alimento.....	10
2.4. Parámetros hematológicos.....	11
2.5. Electrolitos.....	14
2.6. Metabolitos.....	16
2.7. Uso de sombras .....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1. Descripción del área experimental y duración del estudio.....	20
3.2. Animales, corrales experimentales y tratamientos.....	20
3.3. Dieta y su composición química .....	21
3.4. Registro de variables.....	21
3.4.1. Variables climáticas.....	22
3.4.2. Variables fisiológicas.....	22
3.4.2.1. Frecuencia respiratoria.....	22
3.4.2.2. Temperatura rectal.....	22
3.4.3. Metabolitos sanguíneos.....	23
3.4.4. Electrolitos sanguíneos.....	23
3.4.5. Componentes hematológicos .....	24

3.5. Análisis estadístico .....	24
IV. RESULTADOS.....	25
V. DISCUSIÓN.....	35
5.1. Variables climáticas.....	35
5.5. Variables productivas.....	36
5.6. Frecuencia respiratoria y temperatura rectal.....	42
5.7. Electrolitos sanguíneos.....	45
5.8. Parámetros hematológicos.....	48
5.9. Metabolitos sanguíneos.....	51
VI. CONCLUSIONES.....	53
VII. LITERATURA CITADA.....	54

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Variables climáticas registradas durante el estudio en corderas con y sin sombra en verano.....	25
Cuadro 2.	Promedios de comportamiento productivo de corderas engordadas en corral con y sin sombra en verano.....	29
Cuadro 3.	Promedios de metabolitos sanguíneos de corderas engordadas en corral con y sin sombra en verano.....	31
Cuadro 4.	Promedios de electrolitos sanguíneos de corderas engordadas en corral con y sin sombra en verano.....	32
Cuadro 5.	Promedios de variables hematológicas de corderas engordadas en corral con y sin sombra en verano.....	34

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Promedios de temperatura ambiente, humedad relativa e ITH resgistradas por hora del dia durante el estudio en corderas sin sombra	en 26
	verano.....	
Figura 2.	Promedios de temperatura ambiente, humedad relativa e ITH registradas por hora del dia durante el estudio en corderas con sombra en verano.....	27
Figura 3.	Promedios de la interacción hora del día x tratamiento en la frecuencia respiratoria (a) y temperatura rectal (b) de corderas con y sombra en verano.....	30
Figura 4.	Promedios de la interaccion muestreo x tratamiento en la concentración de colesterol de corderas con y sin sombra en verano.....	32

## RESUMEN

Se evaluó el efecto del uso de sombra en verano sobre variables productivas y fisiológicas de ovejas en engorda con 20 corderas primíparas Dorper x Pelibuey (4 meses de edad y peso inicial  $30.4 \pm 3.1$  kg) que se asignaron dentro de bloque a 2 tratamientos: 1) 10 corderas en corraleta individual sin sombra (SS) y 2) 10 corderas en corraleta individual con sombra permanentemente (CS). El estudio duró 16 d (22 de julio al 7 de agosto). Se obtuvo temperatura ambiental y humedad relativa en cada tratamiento para estimar el índice temperatura-humedad (ITH). Las ovejas se pesaron los días 1, 7 y 16, y se midió el consumo diario de alimento (CAL) y agua (CAG). La frecuencia respiratoria (FR) y temperatura rectal (TR) se registraron a las 06:00, 12:00 y 18:00 h cada 3 d. En muestras de sangre se analizaron metabolitos, electrolitos y hematología cada 5 d. Se aplicó análisis de varianza (diseño de bloques completos al azar) con y sin mediciones repetidas. El ITH máximo y promedio fueron 38.87 y 31.10 unidades, así como 35.41 y 30.19 unidades en SS y CS, respectivamente. La intensidad del estrés térmico se consideró severa. Si bien el CAL fue mayor ( $P < 0.05$ ) en ovejas CS, la ganancia diaria de peso, ganancia de peso total y eficiencia alimenticia fueron similares ( $P > 0.05$ ) entre CS y SS. El CAG fue mayor ( $P < 0.05$ ) en SS que en CS. Durante la mañana (06:00 h), la FR y TR fueron mayores ( $P < 0.05$ ) en ovejas CS que en SS, pero por la tarde (12:00 y 18:00 h), ovejas SS tuvieron mayor ( $P < 0.05$ ) FR y TR que ovejas CS. Los electrolitos  $K^+$  y  $Cl^-$  fueron mayores ( $P < 0.05$ ) en ovejas SS que en las CS. Las CS presentaron menor ( $P < 0.05$ ) concentración de hemoglobina que corderas SS, aunque estas últimas tuvieron mayor ( $P < 0.05$ ) nivel de colesterol y triglicéridos. Se concluye que la sombra permanente redujo el estrés calórico por la tarde, pero no por la mañana. Aunque se observaron diferencias en componentes hematológicos y bioquímicos en corderas de ambos tratamientos, éstos se encontraron dentro de los rangos normales para corderas nulíparas que indica la literatura.

*Palabras clave: corderas de pelo; sombra; frecuencia respiratoria; temperatura rectal; electrolitos.*

## **ABSTRACT**

The effect of using shade on productive and physiological variables during summer was evaluated in 20 Dorper x Pelibuey ewes (4 months old and body weight of  $30.4 \pm 3.1$  kg) which were assigned within block to two treatments: 1) 10 ewes in individual corrals with no shade access at all (SS) and 2) 10 ewes in individual corrals with shade permanently (CS). The study lasted 16 d (July 22 to August 7). Ambient temperature and relative humidity were registered on each treatment to estimate the temperature-humidity index (THI). Ewes were weighed on days 1, 8 and 16, and feed and water intakes (CAL and CAG) were measured daily. The respiratory rate (RR) and rectal temperature (RT) were recorded at 06:00, 12:00 and 18:00 h every 3 d. Every 5 d blood samples were obtained to determine metabolites, electrolytes and blood components. Analysis of variance (randomized block design) with and without repeated measures were performed to the data. The maximum and average THI were 38.87 and 31.10 units, as well as 35.41 and 30.19 units for SS and CS groups, respectively. Intensity of heat stress was considered as severe or serious. Although CAL was higher ( $P < 0.05$ ) in CS ewes, the daily weight gain, total weight gain and feed efficiency were similar ( $P > 0.05$ ) between CS and SS. The CAG was higher ( $P < 0.05$ ) in SS than in CS. During the morning (06:00 h), the RR and RT were higher ( $P < 0.05$ ) in CS ewes, but in the afternoon (12:00 y 18:00 h), SS ewes had higher ( $P < 0.05$ ) RR and RT. The SS ewes had higher ( $P < 0.05$ ) electrolytes  $K^+$  and  $Cl^-$  than CS ewes. Ewes CS had lower ( $P < 0.05$ ) concentration of hemoglobin than SS ewes, however, SS ewes had higher ( $P < 0.05$ ) cholesterol and triglycerides levels. It is concluded that ewes permanently shaded during severe summer had less heat stress during afternoon hours, but no during morning hours. Even though biochemical and hematological components showed some differences, ewes of both treatments had those values within the normal ranges for primiparous ewes.

*Key words: hair sheep ewes; shade; respiratory frequency; rectal temperature; electrolytes.*

## I. INTRODUCCIÓN

El Cambio Climático se manifiesta con alteraciones en los patrones de distintas variables climáticas como precipitación, temperatura ambiental, radiación solar y humedad relativa a nivel mundial. Se ha señalado que la temperatura media global incrementó 0.85

□C de 1880

2013), aumentos que pueden repercutir negativamente en el sector pecuario, particularmente en zonas áridas y semiáridas del mundo (Kadzere et al., 2002; Avendaño-Reyes et al., 2004; Martínez-Partida et al., 2011). En Mexicali, Baja California, García-Cueto (2010) estimó un incremento en la temperatura de 0.25 °C cada década, previendo que la temperatura para este siglo XXI aumente 2 a 3 °C. Estas condiciones ambientales repercuten directamente en la productividad del ganado, ya que provocan disminución en su consumo de alimento y, por ende, presentan una baja ganancia de peso, así como también aumentan sus demandas de nutrientes de mantenimiento para regular su temperatura corporal (Marai et al., 2008), por lo que se han buscado alternativas para disminuir el impacto del estrés calórico sobre los animales en producción en la época de más altas temperaturas en el año.

Dentro de las estrategias para reducir los efectos negativos del estrés calórico se tienen la manipulación nutricional, el mejoramiento genético para introducir razas tolerantes al calor y las modificaciones ambientales, que incluyen cambios en las instalaciones con el objeto de generar un ambiente artificial que ayude a mitigar el estrés térmico (Beede y Collier, 1896). Entre las opciones del mejoramiento genético ovino, un gran número de productores en México han optado por criar ovinos de razas de pelo y sus cruas, ya que han presentado mayor resistencia a elevadas temperaturas y a parásitos, así como una mayor aceptación de forrajes de baja calidad en comparación con ovinos de lana (Salinas-Chavira et al., 2006). Dentro de las modificaciones ambientales para esta especie se tiene básicamente el uso de sombras en los corrales, las cuales se consideran como una alteración ambiental mínima que requieren los animales domésticos en zonas cálidas, siendo su función esencial reducir el paso de la radiación solar. La sombra es el método más sencillo y barato para proteger a los ovinos del calor, lo cual generalmente se usa en regiones donde se utilizan los sistemas intensivos

y semi-intensivos, estos últimos que combinan la alimentación en pastoreo y en corral (Silanikove, 2010). La mayoría de los estudios sobre el efecto del uso de sombra en ovinos se han realizado con animales en pastoreo y utilizando sombras portátiles en las praderas, usando los corrales para el descanso de los animales por la noche (Olivares et al., 1998). Berger et al. (2004) señalan que proporcionar sombras a pequeños rumiantes es útil porque conduce a mejorar su ganancia de peso, producción de leche y comportamiento reproductivo, así como también permite una reducción en la temperatura rectal y frecuencia respiratoria (Padilla-Ramírez et al., 1995)

En el valle de Mexicali, B.C., se ha observado que la población de ovinos de pelo se ha mantenido relativamente estable de 2015 a 2017 (SIAP, 2017). En esta zona se practica la engorda en confinamiento de ovinos de pelo, ya que es una zona productora de forraje y granos, ideal para este tipo de sistema de producción ovina (Martínez-Partida et al., 2011). Sin embargo, no existe información sobre la potencial ventaja de utilizar sombras en los corrales para ovinos de engorda, ya que las condiciones climáticas en el verano son extremas con temperaturas que pueden alcanzar 50°C. De tal forma que resulta de vital importancia conocer la respuesta productiva y los mecanismos fisiológicos que utiliza el ovino de pelo para hacer frente al clima cálido, extremoso y seco como el del valle de Mexicali, B.C.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la presencia de sombra permanente en el corral sobre el comportamiento productivo y variables fisiológicas en ovejas de pelo en engorda durante condiciones de estrés calórico en una región árida y seca.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. La ganadería y el Cambio Climático

El Cambio Climático es un proceso global y se describe como el cambio de clima atribuido a alteraciones en la composición de la atmósfera. Es importante mencionar que la producción agropecuaria juega un papel importante en este problema actual (Pachauri et al., 2007), ya que existe una gran discusión acerca del Cambio Climático y sus consecuencias, donde una gran mayoría se lo atribuye también a las actividades humanas ligadas al estilo de vida de las personas y determinado por el sistema económico moderno. Justamente, se estima que el ganado es responsable del 18% de las emisiones de gases que producen el efecto invernadero, un porcentaje considerado mayor que el del transporte (FAO, 2006). En este sentido, es importante señalar que la ganadería es de las actividades humanas que más repercute negativamente al medio ambiente (Berra y Finster, 2002; FAO, 2006) debido principalmente a la producción de estiércol, ya que a partir de la descomposición de este desecho se produce óxido nitroso ( $N_2O$ ), un gas de efecto invernadero con alto potencial de calentamiento atmosférico, 198 veces mayor al del metano (Solomon et al., 2007). El  $N_2O$  surge por la desnitrificación del nitrato y amoníaco presentes en el estiércol y en la orina del ganado. Por otro lado, a partir de la descomposición del estiércol también se producen emisiones de metano ( $CH_4$ ), básicamente cuando éste se almacena en tanques o fosas de forma anaeróbica (Johnson et al., 1975). Este segundo gas es otra de las columnas de emisiones que proviene de las explotaciones ganaderas y se origina principalmente de un proceso de la digestión animal que es la fermentación entérica, la cual se lleva a cabo a través del exhalado y eructado de los animales, específicamente en rumiantes y que se debe a la fermentación microbiana en el rumen; ocurre lo contrario con los no rumiantes, donde la fermentación microbiana se presenta en el intestino grueso y, por ende, producen una menor cantidad de metano (Berra y Finster, 2002).

El vínculo que se establece entre la producción agropecuaria y el ambiente depende de factores locales como el clima, la topografía del terreno, las características agroecológicas, las condiciones económicas y las técnicas que predominan en la

producción o el tipo de explotación (Segrelles, 2001). Por lo tanto, todas las modificaciones que tengan lugar en el sistema climático afectarán seriamente a los agroecosistemas actuales, así como la viabilidad y sostenibilidad de los medios de producción (Gaughan et al., 2009). Es posible que la productividad y el bienestar animal se alteren por cambios en las variables climáticas que afectan el desempeño productivo animal, ya que existen ajustes frente al ambiente, porque dependiendo de los cambios que el animal perciba en el ambiente manifestará una respuesta utilizando su audición, visión, olfato y su temperatura al tacto, que son estimulados por receptores específicos en diferentes partes del cuerpo (Betancourt et al., 2003).

El IPCC (2007) informó que se ha detectado un aumento de 0.7 °C en la temperatura mundial durante el último siglo, lo que coincide con un aumento considerable de gases efecto invernadero. Por tanto, se predice que las temperaturas seguirán aumentando en las próximas décadas. Según FAO (2009), desde el punto de vista de la alimentación del ganado, el aumento de las temperaturas influirá en que en las zonas áridas o semiáridas los animales reducirán su consumo de alimento dado el mayor estrés por calor generado, lo que impactará en una disminución de la producción en la industria de productos lácteos y cárnicos; es por esto que existe gran interés por descubrir formas y técnicas de cómo combatir el reto de minimizar el impacto que tendrá el Cambio Climático en la ganadería (Hahn et al., 2003; Bernabucci et al., 2010).

Por otro lado, Zhao et al. (2005) reportan que el clima afecta la producción animal de cuatro formas: 1) El impacto de los cambios en la disponibilidad y costo de los granos para alimentar al ganado; 2) El impacto sobre la producción y calidad de las praderas y pastos; 3) El efecto directo del estado del tiempo y los fenómenos atmosféricos externos sobre la sanidad, el crecimiento y la reproducción; y 4) Los cambios en la distribución de las enfermedades de las plantas y animales.

En la actualidad se han logrado avances importantes para evaluar y entender cómo la radiación solar, temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del viento afectan la productividad de los animales y los aspectos fisiológicos cuando se encuentran en condiciones de estrés térmico (Arias et al., 2008). También cómo el estrés por calor tiene un efecto sobre el confort del animal y en sus variables productivas más

importantes, como la ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, eficiencia alimenticia y otras variables del desempeño (Mitloehner et al., 2001; Brown-Brandl et al., 2006).

Se espera que el Cambio Climático tenga como consecuencia un aumento en el riesgo de incidencia de enfermedades infecciosas y parasitarias cuyos agentes etiológicos establezcan una estrecha correlación con el clima (Summers, 2009; van Dijk et al., 2010). También la presencia de plagas en pasturas, ya que las enfermedades y los medios por los que se propagan son susceptibles a la oscilación térmica y a cambios en el ambiente, tales como el aumento de temperatura y altos porcentajes de humedad relativa. Estos factores aumentan las tasas de reproducción, alimentación y crecimiento de la población de los patógenos y sus vectores (Hoberg et al., 2008). De esta forma, el Cambio Climático puede afectar directamente la supervivencia de los artrópodos, pero también la replicación viral y la proliferación de los patógenos (Torremorell, 2010).

México es vulnerable al Cambio Climático, específicamente el área noroeste del país donde se esperan los mayores incrementos de temperatura, reducción en las precipitaciones y menor disponibilidad de agua, de acuerdo a los escenarios climáticos nacionales (Magaña et al., 2012). Los incrementos en temperatura para el periodo 2070-2099 serán del orden de 3.5°C en el noroeste, y alrededor de 3°C en el noreste. García-Cueto (2010) estimó para Mexicali, Baja California, una tendencia positiva y significativa de la temperatura con incrementos importantes en cada década, lo que se traduce en un mayor estrés calórico para los animales domésticos en general.

## **2.2. Producción ovina en México y el mundo**

El ovino ha demostrado su alta capacidad de adaptación, versatilidad fisiológica y biológica en ambientes donde prevalecen climas áridos o secos, fríos o templados, y tropicales y húmedos. Según datos de la FAO (2012), en 1990 había 1795 millones de cabezas ovinas en el mundo, en el año 2000 pasó a 1811 millones de cabezas y en el 2012 se estima que había 2,165 millones, un incremento del 20% en la producción en dicho periodo que representó el 4.6% del suministro mundial de carne de ovino junto

con la carne de caprino. Esta cifra representó el cuarto lugar después de la carne de cerdo con 36.6%, la de ave con 35.2% y la carne de bovino con 22.2%. La población mundial ovina, según FAO (2008), fue alrededor de 1,078 millones de cabezas que se distribuyeron de la siguiente forma: Asia 42 %, África 27 %, Europa 12 %, Oceanía 10%, América del Sur 7 % y América del Norte y Central 2 %.

China es el país que cuenta con el mayor inventario de corderos con 16% del total mundial y está en el primer lugar en producción de carne ovina con 28%. Sin embargo, sus exportaciones son nulas porque la demanda de carne en el mercado interno es muy alta, incluso hay un aumento en las importaciones de dicha carne. Australia tiene el segundo mayor hato ovino en el mundo con alrededor de 10% del total y es el segundo productor mundial con 8% del total de carne de ovino; así también, es el segundo exportador mundial con cerca del 30% de las exportaciones. El primer exportador mundial de carne ovina es Nueva Zelanda, y aunque sólo produce 6% del total, es el cuarto productor de carne ovina, exportando el 40% del total a nivel mundial (FAOSTAT, 2008).

Como grupo, la Unión Europea es el principal bloque importador de carne de ovino a nivel mundial con 38% de las importaciones mundiales. China se encuentra en el segundo lugar con 17% de las importaciones mundiales (FAOSTAT, 2008).

En ganado ovino se explota en todo el territorio mexicano, lo que destaca la importancia de esta actividad en el país. Predominan tres tipos de explotaciones: el sistema intensivo y el extensivo, así como su combinación (Arteaga, 2008). No obstante que existen más de 800 razas de ovinos en el mundo (FAO, 2010), la Unión Nacional de Ovinocultores (UNO) reporta que en México se utilizan ocho razas en forma muy intensa (Pelibuey, Black Belly, Katahdin, Dorper, Rambouillet, Suffolk, Hampshire y Dorset) y que forman prácticamente el total del hato ovino mexicano (Arteaga, 2012).

La productividad ovina en México ha aumentado, ya que ha pasado de 6 millones de cabezas en el año 2000 a 8.8 millones de cabezas en el año 2015, además de producir del 50 al 70% de la carne anualmente (Financiera Rural, 2016). El consumo de carne ovina anual en México en el 2013 fue alrededor de 99 000 toneladas e importó casi el 30% de la carne de ovino que se consumió ese año. Al mismo tiempo, México recibió la

petición de exportar carne y animales a países como Jordania, Libia, Turquía, India y Corea del Sur, además de otros de Centroamérica (Arteaga, 2012). En el contexto mundial se espera que la producción de cordero se conserve estable en los próximos años, pero se prevé que habrá mayor demanda y, por lo tanto, un aumento de precio en la carne de ovino, sobre todo en los países en vías de desarrollo (FAO, 2012).

Las toneladas faltantes de carne de ovino en México son importadas de países como Nueva Zelanda, Australia y Chile, quienes cuentan con grandes extensiones forrajeras de alta calidad y mayor cantidad con mejor subsidio a la producción comparados con México (Arteaga, 2006; De Lucas y Arbiza, 2006). En el 2010, la carne importada se comercializó a nivel nacional en canal congelado a precio de \$66.00 / kg con una diferencia considerable al valor de la carne ovina producida en México, ya que esta última tuvo precio de \$30.00 a \$35.00 / kg en pie y \$45.00 / kg en canal, señalando que los consumidores prefieren la carne mexicana por su sabor; sin embargo, otros eligen la carne importada porque representa menos trabajo que comprar animales vivos, engordarlos y luego sacrificarlos (Martínez et al., 2009).

El inventario ovino se encuentra distribuido en el país de la siguiente manera: 55% se concentra en el centro de México, 30% en el norte y el restante 15% en el sur del país (SAGARPA, 2006). En todos los estados del país se producen carne de ovino, sin embargo, los estados de mayor producción son el Estado de México, que en 2016 produjo 17,299 toneladas; el estado de Hidalgo con 14,143 toneladas; Veracruz con 4,819.5 toneladas y Puebla con 4,125.1 toneladas. Por otro lado, Baja California solo produjo 601 toneladas (SIAP, 2017).

### **2.3. Fisiología de la termorregulación en ovinos**

Una característica de las zonas áridas es la elevada temperatura ambiental en el verano, no obstante, parte de la producción ovina se desarrolla en estas zonas dado que los ovinos de pelo representan una especie altamente adaptable a condiciones de estrés térmico (Wildeus, 1997). En este sentido, los ovinos de lana, que son una especie muy bien adaptada a climas templados y fríos, son susceptibles y menos

eficientes para disipar el calor en condiciones tropicales o áridas (McManus et al., 2011). Las altas temperaturas en zonas áridas se han convertido en la principal restricción en el confort animal, lo cual repercute negativamente en la productividad del rebaño (Marai et al., 2000). Este efecto aumenta cuando las altas temperaturas se acompañan de elevada humedad relativa en el ambiente (Abdel-Hafez, 2002), y al exponer a los ovinos a estas condiciones durante periodos prolongados, la consecuencia es la disminución en el crecimiento (Shelton, 2000).

La zona termoneutral en los ovinos se define como el rango de temperatura en donde el ovino no hace ningún esfuerzo adicional para mantener el equilibrio térmico. Según Odongo (2006), la zona termoneutral del ovino se encuentra en un umbral de 32°C y sus constantes fisiológicas como frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, temperatura corporal y temperatura rectal se encuentran dentro de un rango normal. No obstante, McManus et al. (2011) reportaron que los ovinos de raza de pelo tienen una mayor capacidad de adaptación a estrés calórico que los ovinos de raza de lana. Marai et al. (2000) mencionan que el índice de temperatura y humedad (ITH) mayor a 22.1 unidades es un indicativo de estrés calórico en ovinos y es el punto donde forzosamente tendrá que hacer ajustes fisiológicos y metabólicos, así como cambios en su comportamiento para intentar regresar a su zona termoneutral.

### **2.3.1. Frecuencia respiratoria**

Los animales en zona termoneutral ganan o pierden calor a través de medios no evaporativos, aun cuando hay cambios poco bruscos en los aumentos de temperatura. El animal pierde calor a través de conducción, radiación y convección para permanecer en condiciones de termoneutralidad, pero cuando la temperatura ambiente es superior a la temperatura de zona de confort, los medios no evaporativos son ineficaces y la hipertermia se presenta como resultado de la disminución del gradiente térmico entre el animal y el ambiente circundante (Al-Haidary 2004). En este punto el animal tendrá la necesidad de disminuir más eficientemente el calor corporal y mantenerse en condiciones de homotermia, lo que causa el comienzo de pérdidas de calor del tipo evaporativo como son sudoración y jadeo (Romero et al., 2013). En mamíferos que se

encuentran fuera de su zona termoneutral, la respiración tiene como uno de sus objetivos la evaporación de la humedad del tracto respiratorio y la prevención de la hipertermia. Según Devendra (1987), la pérdida de calor a través de la alta tasa de respiración es mayor que por otras vías. La frecuencia respiratoria se ha señalado como el principal mecanismo de termorregulación en ovejas y otros pequeños rumiantes, caso que no sucede en rumiantes mayores (Arias et al., 2008). En condiciones termoneutrales (12°C), las ovejas de lana disipan aproximadamente el 20% del calor corporal total a través de la respiración y el porcentaje de disipación de calor en el tracto digestivo aumenta a 60% aproximadamente a 35° C (Thompson, 1985). Sin embargo en ovejas de pelo como la Morada Nova el enfriamiento respiratorio por evaporación puede representar hasta un 90% de las pérdidas totales de calor. En condiciones termoneutrales, el ovino presenta una frecuencia respiratoria entre 25 a 30 respiraciones por minuto (rpm), sin embargo, la frecuencia respiratoria bajo estrés calórico moderado varía de 40 a 60 rpm, mientras que bajo estrés calórico alto o severo puede aumentar de 80 hasta más de 150 rpm (Silanikove, 2000). Este incremento en la frecuencia respiratoria demanda una gran cantidad de energía y favorece al aumento de la producción de calor metabólico y la carga de calor animal (Cain et al., 2006).

Srikandakumar et al. (2003) observaron una disminución en la frecuencia respiratoria en ovejas Merino de 50 rpm/min y en Omani de 34 rpm/min durante invierno en comparación con el verano, ya que el estrés calórico provocó incremento en la frecuencia respiratoria de 128 rpm/min en Merino y 65 rpm/min en Omani. Singh et al. (2016) observaron un aumento en la frecuencia respiratoria en ovejas Chokla, Magra y Marwari durante el verano en el mes de junio, concluyendo también que la frecuencia respiratoria fue más elevada durante la tarde en comparación con la mañana.

### **2.3.2. Temperatura rectal en ovinos**

La temperatura rectal es uno de los mejores indicadores termofisiológicos para evaluar adecuadamente el bienestar animal en ambientes adversos con altas temperaturas ambientales (Sanusi et al., 2010). Otoikhian et al. (2009), Helal et al. (2010) y Rensis y

Scaramuzzi (2003) indicaron que la temperatura rectal es un buen indicador para medir el grado de estrés calórico en los animales, no obstante que existe una variación importante entre la temperatura rectal y otras zonas del cuerpo a distintas horas del día (Srikandakumar et al., 2003). La temperatura corporal del animal, expresada como temperatura rectal, aumenta cuando los mecanismos de disipación de calor son ineficientes (Johnson et al., 1980), lo cual es el resultado de la exposición a temperaturas mayores a 18 °C para animales de clima templado, y 26 °C para animales provenientes de climas tropicales (Flemenbaum, 1997). Bajo condiciones de estrés por calor hay una disminución en la digestibilidad de la materia seca y la energía e incrementa la carga calórica en los animales, reflejándose en aumentos en la temperatura rectal y frecuencia respiratoria (West, 1999). La temperatura rectal varía entre 38.3 y 39.0 °C en condiciones termoneutrales (Costa et al., 2015); sin embargo, en condiciones de estrés calórico los animales tienen que hacer uso de mecanismos de termólisis que en ocasiones son insuficientes y los animales presentan hipertermia (Marai et al., 2007).

La sensibilidad de la temperatura rectal al estrés calórico ha sido demostrada en varios estudios. En ovinos lecheros, Sevi et al. (2002) mostraron que existe un marcado aumento de la temperatura rectal, una alteración del metabolismo y una reducción del rendimiento de la leche después de exponer ovejas a temperaturas medias diarias de 35 °C, incluso durante períodos cortos o después de una prolongada exposición a temperaturas ambientales medias de 30 °C, producto de la incapacidad de éstas para mantener el equilibrio térmico (Abdel-Hafez, 2002).

### **2.3.3. Consumo de agua y alimento**

Cuando los animales se encuentran en condiciones de estrés calórico, sobrellevan situaciones que los deprimen y que resultan en una disminución de la producción (Alvarado, 1998; Pérez, 2000). Las ovejas cuentan con un conjunto de mecanismos que han desarrollado para para enfrentar altas temperaturas ambientales, sin embargo, la temperatura corporal puede incrementar y comprometer el bienestar de los mismos,

provocando el inicio de un conjunto de sucesos homeotérmicos para ayudar a aliviar el desequilibrio de calor. Según Du Preez et al. (1990), estos sucesos incluyen aumento de la ingesta de agua y la excreción urinaria, que pueden ayudar a mitigar el calor por medio de conductividad y convectividad. El agua se considera un importante elemento que ayuda a neutralizar el estrés por calor, siempre y cuando sea de buena calidad y fresca (Salvador, 2010). No obstante, en los rumiantes hay una carga de calor adicional generado en la fermentación ruminal del alimento consumido, especialmente en dietas con altos porcentajes de forraje o con forrajes de mala calidad (Marai et al., 2000). Como consecuencia del calor generado por la fermentación ruminal, metabolismo y medio ambiente, se reduce de manera considerable la hormona estimuladora de la tiroides (TSH), a su vez disminuye la secreción de las hormonas tiroideas (tiroxina T4 y triyodotironina T3), lo que provoca un decremento en el apetito (Silanikove, 2000). Además, el fuerte jadeo aumenta los requerimientos nutricionales de las ovejas por el costo energético que demanda este mecanismo (Ames y Ray, 1983). Por lo tanto, hay una menor disponibilidad de energía para crecimiento lo que ocasiona un retardo del mismo (Hoffman, 1998).

Macías-Cruz et al (2013) evaluaron el efecto del clorhidrato de zilpaterol sobre el comportamiento productivo y algunas características de canal en épocas de primavera y verano en corderas Dorper x Pelibuey y encontraron que las corderas con clorhidrato de zilpaterol en primavera presentaron mayor peso final, ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia que las corderas con clorhidrato de zilpaterol en verano. Por otra parte Padua et al (1997) observaron una disminución en la ingesta diaria de alimento y la conversión alimenticia en corderos Suffolk bajo condiciones cálidas en cámara climática (30.5 °C), en comparación con un grupo bajo techo (19.3 °C), durante la primavera. En contraste, Denek et al. (2006) no observaron efecto de la temporada ni el tipo de forraje sobre el consumo de materia seca de corderos Awassi.

#### **2.4. Parámetros hematológicos**

El estudio de los parámetros hematológicos es muy importante, ya que cada uno de ellos proporciona información para conocer el estado de salud y metabólico de los

animales en producción, pero a su vez también son indicadores de estrés calórico (Paes et al., 2000). No obstante, estos parámetros también pueden ser afectados por otros factores como edad, sexo, estado fisiológico, actividad muscular y factores ambientales como humedad relativa y temperatura del ambiente (Birgel et al., 2001; Bhan et al., 2012). Entre este tipo de parámetros, los más estudiados son linfocitos (Lin), leucocitos (Leu), granulocitos (Gran) y monocitos (Mon), que pertenecen a los glóbulos blancos (Gb) y destacan por ser efectores celulares de la respuesta inmunitaria, ya que actúan de forma activa en la defensa del cuerpo frente a agentes patógenos y sustancias extrañas (Wittwer y Böhmwald, 1983). Por otro lado, están los glóbulos rojos (Gr), que junto con las concentraciones de hemoglobina (Hb) y las de volumen corpuscular medio (VCM) ayudan en la determinación de algunas anemias (Reece, 2006). También se encuentran las plaquetas (Plt), que son pequeños fragmentos de células sanguíneas liberadas desde la medula ósea al torrente sanguíneo (Cunnigham, 2014), cuya función es formar coágulos de sangre que ayuden a sanar las heridas y a prevenir el sangrado.

Según Al-Haidary et al. (2012), las respuestas fisiológicas y la tolerancia al calor de animales en ambientes cálidos tienen efectos profundos sobre el perfil de sangre, ya que el estrés calórico conduce a una redistribución del flujo sanguíneo a la periferia y a los músculos ligados a la respiración que predisponen cambios significativos en los niveles de ciertos componentes hematológicos. En cabras sometidas a estrés por calor, Hosam (2007) reporta cambios hemodinámicos que obedecen a incrementos en la tasa respiratoria, disminución de la resistencia del lecho vascular periférico y anastomosis arterio-venosas para disipar el calor a través de la piel por radiación y conducción. De acuerdo con Paludo et al. (2002), puede existir un cambio transitorio en el número de Leu circulantes en animales bajo estrés. Cuando los animales se encuentran condiciones de estrés térmico, el eje hipotalámico-hipófisis-adrenal se activa y los glucocorticoides se liberan de la corteza suprarrenal (Klemcke et al., 1989). En bovinos y ovinos bajo condiciones de estrés se han observado alteraciones en los niveles de cortisol circulante (Cissik et al., 1991; Kim et al., 2011). A pesar de la variabilidad y corta vida del cortisol, se considera uno de los principales biomarcadores utilizados para evaluar el estrés en animales. Este glucocorticoide puede actuar incrementando el

número y el porcentaje de neutrofilos (neutrofilia), y a su vez puede disminuir el número de Lin, lo que se conoce como linfopenia (Tolini et al., 2017). No obstante, Coles (1984) y Jain (1993) señalan que un aumento en el número de Gb es una ocurrencia natural, ya que puede ser una reacción orgánica a un aumento de la frecuencia cardíaca, la presión arterial, así como la contracción del bazo después de la liberación de cortisona y adrenalina.

Jain (1993) menciona que la mayoría de los Gr en animales recién nacidos son de origen fetal y son sustituidos por células más pequeñas a medida que el animal envejece, y reporta que animales expuestos al sol que perdieron agua por medios evaporativos presentaron una reducción en el VCM. Abdel-Samee et al. (1991) encontraron un aumento significativo en los niveles de Gr, Hb y del PCV en cabras con estrés calórico. Okourwa (2015) reporta un aumento en los valores de Gr en ovinos que puede atribuirse a la alta carga de calor. La Hb transporta el oxígeno de los pulmones a todo el organismo y bajo condiciones de estrés calórico, la concentración de Hb en sangre aumenta a medida que la frecuencia respiratoria se incrementa por efecto de las altas temperaturas ambientales (Correa et al., 2012). Por su parte, Seixas et al. (2017) indican que animales más adaptados pueden tener concentraciones más bajas de Gr y Hb que en animales poco adaptados a condiciones de estrés por calor. Sin embargo, Thrall (2007) menciona que bajos niveles de Hb corpuscular pueden deberse a un mayor número de células inmaduras. El calor puede ocasionar una disminución de los componentes de la sangre debido al efecto de hemodilución cuando más agua es transportada por el sistema circulatorio para auxiliar en el enfriamiento evaporativo. Asimismo, el mayor flujo de sangre puede acrecentar la circulación celular (Seixas et al., 2017; Ei-Nouty y Al-Haidary 1990). Betancur et al. (2012) menciona que puede encontrarse una mayor concentración en la sangre de hematocrito (Htc) en animales deshidratados, ya que la deshidratación provoca la pérdida del componente acuoso en el tejido de la sangre. Brasil et al. (2000) observaron disminución del Htc como efecto del incremento en el consumo de agua por efecto del estrés calórico. Al-Haidary et al. (2012) reportan que valores más altos de PCV son un mecanismo de adaptación de las ovejas del desierto para proveer el agua necesaria al proceso de enfriamiento evaporativo.

## 2.5. Electrolitos

Animales expuestos a calor intenso puede disminuir el consumo de alimento, así como sufrir alteraciones en el metabolismo de las proteínas y energía, secreción de hormonas, metabolitos y electrolitos en la sangre (Delfino et al., 2012). Scaglione et al. (2003) mencionan que el cambio de temperaturas a través del día puede causar variaciones en las concentraciones de electrolitos en sangre como un estímulo del organismo a un cambio de temperatura. El estrés calórico puede provocar un equilibrio mineral negativo. Estas perturbaciones inician con un decremento en el consumo de la mayoría de los minerales (Aboul-Naga, 1983), así como una disminución en la retención de tales minerales. La literatura muestra que los electrolitos intervienen en diversos aspectos de la absorción de los nutrientes, en los patrones de fermentación del rumen y en diferentes procesos fisiológicos de los rumiantes, estén o no bajo estrés térmico. Los tres electrolitos fundamentales para mantener el equilibrio ácido-base son sodio ( $\text{Na}^+$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ) y cloro ( $\text{Cl}^-$ ) (catión-anión) (Leach, 1979). El  $\text{Na}^+$  es el electrolito vital en el fluido extracelular, ya que mantiene una posición dominante en el balance electrolítico e interviene en procesos como la contracción muscular, transporte de glucosa y aminoácidos y transmisión de impulsos nerviosos en el cuerpo (Olsson, 2005; Piccione et al., 2012). El  $\text{Cl}^-$  es el principal anión en el fluido extracelular y junto con el  $\text{Na}^+$  toma parte en la regulación de la presión osmótica, regulación del equilibrio ácido-base y el balance hídrico (NRC, 2000). El  $\text{K}^+$  es uno de los minerales más importantes nutricionalmente, participando en el equilibrio de la presión osmótica de las células. Es el tercer mineral más abundante en el cuerpo y su concentración es mayor en el fluido intracelular; interviene en el metabolismo de los hidratos de carbono, es fundamental para la síntesis de los músculos e interviene en la transmisión nerviosa y en la contracción de los músculos (Mccutcheon y Elimelech, 2017).

Los resultados sobre el efecto del estrés calórico en los niveles de electrolitos de pequeños rumiantes no han sido consistentes. Abdel-Fattah (2014) indicaron que cabras raza Damasco y Balady expuestas a radiación solar directa por cuatro días, experimentaron un aumento significativo en la concentración plasmática de  $\text{Na}^+$ . Sin embargo, las concentraciones plasmáticas de  $\text{K}^+$  en cabras Balady no fueron afectadas en comparación con cabras raza Damasco, en donde se encontró una disminución en las concentraciones séricas de  $\text{K}^+$ . Srikandakumar et al. (2003) encontraron una disminución en las concentraciones séricas de  $\text{K}^+$  en ovejas Omaní en comparación con ovejas Merino, en donde no hubo alteraciones en  $\text{K}^+$ . En el mismo estudio, el estrés calórico provocó aumento en la concentración sérica de  $\text{Cl}^-$  en ambas razas. Sin embargo, Wojtas et al. (2013) indicaron que en ovejas Merino bajo estrés calórico no mostraron cambios marcados en las concentraciones séricas de  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ . Macías-Cruz et al (2016) evaluaron los efectos del estrés calórico estacional (primavera y verano) sobre las concentraciones séricas de algunos electrolitos y encontraron una disminución en  $\text{Cl}^-$  y un aumento en  $\text{K}^+$  en verano en relación con la primavera.

Las ovejas muestran una menor sensibilidad al estrés por calor en comparación con los bovinos (Silanikove, 2000). Las razas de ovejas difieren en su capacidad para superar la escasez de agua (Chedid et al., 2014). Para evitar la deshidratación, las ovejas recurren a diversas formas de adaptación, tanto conductuales como fisiológicas. Entre las conductuales está la alimentación nocturna, lo que minimiza la necesidad del enfriamiento por evaporación y las pérdidas de agua (Dwyer, 2008). Entre las fisiológicas esta la disminución de orina y la producción de heces secas, controlados por la vasopresina que estimula la reabsorción de agua desde el tracto gastrointestinal (Olsson et al., 1997). Por otro lado hay una mayor retención de  $\text{Na}^+$  y una disminución en la producción de saliva, se moviliza agua del rumen y el tracto digestivo a través del transporte activo del  $\text{Na}^+$ , el exceso de Na es reciclado por la saliva y reabsorbido por los riñones, para mantener los niveles de Na en sangre (Silanikove, 1994). Estos mecanismos permiten que las ovejas mantengan los niveles de electrolitos con pocas variaciones.

## 2.6. Metabolitos

Los cambios en la actividad metabólica en animales bajo estrés calórico alteran la concentración de metabolitos en sangre, que a su vez pueden ser utilizados como una herramienta que evidencia la capacidad de adaptación a los cambios ambientales (Sejian et al., 2010). Los resultados de Helal et al. (2010) proponen que los metabolitos de la sangre pueden ser utilizados como indicadores de estrés calórico, ya que observaron una disminución en los niveles séricos de proteína total, globulinas y albuminas en cabras Damasco y Balady en el segundo día de exposición a estrés calórico.

El colesterol es vital para el organismo porque forma parte de membranas celulares, lipoproteínas, hormonas y ácidos biliares. Sin embargo, las concentraciones de colesterol en sangre se reducen marcadamente con el incremento de la temperatura ambiental (Marai et al., 1995, Habeeb et al., 1996). Según (Gudev et al., 2007), la disminución de la concentración de colesterol en sangre durante condiciones de estrés calórico puede deberse al decremento de la actividad tiroidea, a una disminución en el consumo de alimento que da como resultado una disminución en la ingesta de colesterol en la dieta. La evidente disminución de la concentración de colesterol también puede deberse a la dilución como consecuencia del aumento del agua corporal total, a un aumento en el nivel de glucocorticoides o al decremento de acetato en sangre, que es vital en la síntesis de colesterol (Marai y Habeeb, 2010).

Los triglicéridos son utilizados para almacenar energía y como combustible para los músculos. La reducción en la concentración de triglicéridos en ovejas puede atribuirse a una mayor secreción de cortisol durante condiciones de estrés calórico (Singh et al., 2016). Ghassemi et al. (2014) reportaron aumento en el contenido sérico de triglicéridos con restricción de agua en ovinos bajo estrés calórico que podría ser debido a la movilización de grasa inducida en ovejas. Indu et al. (2015) mencionan que el descenso de los niveles de glucosa pudo haber producido disminución en los niveles de colesterol en sangre y triglicéridos como consecuencia del proceso de lipólisis. La función de la glucosa en el organismo es producir energía que utilizan las células para llevar a cabo todos los procesos que ocurren en nuestro cuerpo. Sin embargo, la concentración de

glucosa en sangre es afectada por hormonas que facilitan su entrada o salida de la circulación sanguínea como son insulina, glucagon, catecolaminas, hormona del crecimiento y corticosteroides (Cornell University, 2013). Una disminución de la concentración de glucosa en sangre en condiciones de estrés calórico puede deberse a la utilización de la glucosa por los pulmones cuando el ritmo respiratorio aumenta o a la disminución en la ingesta de alimento, como consecuencia de las altas temperaturas (Shafferi et al., 1981).

La urea es el resultado final del metabolismo de las proteínas. En general, es un parámetro que indica la función renal, aunque puede estar alterado en enfermedades del hígado o en la deshidratación. García y Bacallao (2010) señalan que puede haber un aumento en las concentraciones de urea en sangre como resultado de un mayor consumo de alimento, siendo esta situación más evidente cuando las dietas están formuladas con una alta relación proteína/energía metabolizable en rumen. La concentración de urea sanguínea es usada como un indicador de la capacidad de retención o pérdida de nitrógeno por el riñón. Abdel-Samee et al. (2008) reportaron una disminución significativa de la concentración de urea en sangre en ovejas Awassi en condiciones de estrés por calor.

Las proteínas son importantes porque forman parte de todos los tejidos, y entre las proteínas en sangre más importantes están las globulinas, que forman parte del sistema inmunitario y las albúminas, las cuales ayudan a impedir que se escape líquido fuera de los vasos sanguíneos (Thrall (2007). La proteína total (PT) puede incrementarse por efecto de factores como estado de deshidratación, enfermedades hepáticas, deficiencias de proteína en la dieta y hemorragia (Merck Veterinary Manual, 2012). Sejian et al. (2010) reportaron una baja importante en la concentración de proteínas totales, albúmina y globulina bajo estrés calórico, mencionando que la disminución de la secreción de las hormonas anabólicas provoca la disminución de la síntesis de proteína en plasma. Dangi et al. (2012) observaron una disminución de proteína total y un aumento en las concentraciones de proteínas de choque térmico en cabras durante estrés calórico. Sejian et al. (2013) reportaron una disminución significativa de proteína total y albúmina bajo estrés térmico en ovejas Malpura, lo que se atribuye a la mayor

tasa de respiración bajo este tipo de clima (Erickson y Poole, 2006). Se ha observado que la exposición prolongada de la radiación solar incrementó la proteína total del plasma, la albúmina y la globulina. Esto podría deberse a la vasoconstricción ya la disminución del volumen plasmático durante el estrés por calor (Helal et al., 2010).

## **2.7. Uso de sombras**

El estrés térmico genera múltiples trastornos en los animales que los conducen a una disminución en la producción, crecimiento y los predispone a enfermedades (Nardone et al., 2010), además de provocar perturbaciones en el metabolismo de manera general e inducir cambios hormonales, en el equilibrio entre partículas y química de la sangre (Marai et al., 2000). Todo esto se traduce en pérdidas millonarias para la industria ovina, que ha buscado la manera de contrarrestar los efectos del estrés calórico en el animal para mejorar su producción y bienestar. Dentro de las estrategias utilizadas para disminuir o neutralizar los efectos de las altas temperaturas ambientales son la utilización de animales más tolerantes al calor, las modificaciones ambientales y el manejo nutricional (Hahn 1985; Sullivan et al., 2011; Avendaño et al., 2011). Sin embargo, una de las herramientas básicas e importantes para mitigar el estrés calórico en animales en corral es el uso de sombra, ya que reduce de forma directa el impacto de la radiación solar, proporcionando un alivio inmediato contra este efecto (Beatty et al., 2006), que se considera un factor perjudicial del ambiente con gran impacto sobre la carga de calor corporal a través del día (Mader et al., 2006). Para corderas en engorda, el área de sombra recomendada es de 2 m<sup>2</sup> por animal en corral y 0.7 m<sup>2</sup> por animal en corraleta individual (ESGPIP, 2009), con altura de 1.5 a 2 m y una superficie de entre 1.5 a 3 m<sup>2</sup>. Según Collier et al. (2006), la utilización de sombras puede disminuir hasta un 50% de la carga calórica total en el animal, mientras que Brown-Brandl et al. (2006) y Andrade et al. (2007) observaron una disminución en la frecuencia respiratoria, así como la temperatura rectal, en animales con sombra comparados con animales sin sombra. En algunos estudios se ha encontrado que proporcionar sombra en los corrales aumenta el confort de los animales y reduce de manera marcada la frecuencia respiratoria (Mitlohner et al., 2002). Por otro lado, se ha observado que, en regiones de

clima cálido, la sombra reduce la mortalidad de animales en veranos donde se presenten olas de calor severo con amplia duración (Mader et al., 2006). No obstante, existen diferentes tipos de instalaciones que pueden ser adicionadas a la sombra para mejorar el comportamiento productivo de los animales, sin embargo, instalaciones que combinan sombras con aspersores o ventilación forzada, requiere de gran inversión (Correa-Calderón et al., 2004).

Leva et al. (2014) no observaron diferencias en la temperatura rectal en corderos Pampinta alojados en corral con sombra y corral tipo caja con sombra. La temperatura rectal se mantuvo por encima de 38°C y se observaron valores incluso de 41.5 °C cuando la temperatura del bulbo negro fue superior a 40°C. Por su parte, Al-Tamini (2007) observó un aumento en la tasa respiratoria y cardíaca, así como en la temperatura rectal de 133%, 12% y 1.5% respectivamente, en cabras expuestas a radiación solar, en comparación con cabras bajo áreas sombreadas.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Descripción del área experimental y duración del estudio**

El estudio se realizó en las instalaciones de la Posta Experimental Ovina, perteneciente al Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Estas se ubican en el ejido Nuevo León, Valle de Mexicali, Baja California, en el noroeste de México. Su localización geográfica es 32.8° de latitud norte y 114.6° de longitud oeste. Por ser una extensión del Desierto Sonorense, su clima es árido, seco y extremoso, frío en invierno ( $< 0^{\circ}\text{C}$ ) y muy caliente ( $> 40^{\circ}\text{C}$ ) en verano. La precipitación pluvial es escasa, alcanzado un promedio anual de 86 mm que se concentra en diciembre y enero (García, 1987). El estudio duró 16 d y se realizó en la época de verano (del 22 de julio al 7 de agosto de 2015).

#### **3.2. Animales, corrales experimentales y tratamientos**

Se utilizaron 20 corderas de raza Dorper x Pelibuey con edad y peso promedio de 4 meses y  $30.37 \pm 3.14$  kg, respectivamente. Las corderas fueron distribuidas bajo un diseño de bloques completamente al azar a dos tratamientos: un grupo testigo de 10 corderas que no tuvieron acceso a sombra (SS) en ningún momento del periodo experimental; y un grupo tratado de 10 corderas que tuvieron sombra en forma permanente (CS). Las corderas se agruparon por peso en parejas, y luego se distribuyó cada miembro de cada pareja al azar en cada tratamiento. Las corderas de ambos grupos se mantuvieron encerradas en corraletas individuales de malla electrosoldada de 1.0 x 1.5 m, usando cubetas (capacidad 5 L) como comederos y bebederos, es decir, dos cubetas por corraleta individual. En el grupo CS, el material de la sombra utilizada fue lámina galvanizada, colocada a 2.5 m de altura y con leve inclinación. La parte superior de la malla de alambre que redeaba las corraletas del corral CS se cubrió con malla-sombra de monofilamento de diámetro 30.5 mm/100 para bloquear la radiación solar del lado oeste en las horas de la tarde, sombreando así completamente a las ovejas de este tratamiento.

### 3.3. Dieta y su composición química

La dieta utilizada para alimentar los dos grupos de ovejas fue formulada para cubrir los requerimientos de mantenimiento y ganar peso (NRC, 2007), conteniendo los siguientes ingredientes: 66% de grano molido de trigo, 12% de heno de alfalfa picada, 11.5% de paja de trigo picada, 8% de semilla de soya, 1% de piedra caliza, 1% de ortofosfato y 0.5% de sal común. Se colectaron dos muestras de la dieta (~ 200 gr) en bolsas de papel durante el estudio para realizar el análisis bromatológico en el Laboratorio de Nutrición Animal del ICA-UABC. Las muestras se secaron en una estufa de aire forzado a 60°C por 48 h. Después se molieron para su posterior análisis químico de proteína cruda (PC) siguiendo la técnica descrita por AOAC (1990) y la de Van Soest et al. (1991) para determinar fibra detergente neutra y ácida (FDN y FDA, respectivamente). Finalmente, los nutrientes digestibles totales (NDT) se obtuvieron con la fórmula  $NDT = 91.0246 - (0.571588 \times FDN)$ ; Cappelle et al., 2001), la energía digestible (ED) y metabolizable (EM) con las fórmulas descritas en (NRC, 1985) así:  $ED = NDT \times 0.044$  y  $EM = ED \times 0.82$ . La composición química de la dieta fue 95.3% de materia seca (MS), 9.67% de cenizas, 12.98% de PC, 1.1% de extracto etéreo, 12.9% de fibra cruda y 2.79 Mcal/kg de MS de EM. Las ovejas se alimentaron diariamente a las 7:00 y 17:00 h, ofreciendo la mitad de cantidad de alimento diaria programada en cada horario. El rechazo de alimento se retiró diariamente y se pesó el alimento consumido diario.

### 3.4. Registro de variables

Se colectaron variables climáticas, productivas y fisiológicas. Dentro de las climáticas se incluyeron la temperatura ambiental, humedad relativa e ITH. De las productivas se registró peso inicial y final pesando las ovejas individualmente, así como el consumo de alimento y agua por animal; con esa información se estimó la ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia. Dentro de las variables fisiológicas se registró FR y TR; para las variables de hematología se determinaron las concentraciones de GR, Hb, Ht, VCM, HCM, CHCM, Plt y VMP. Se determinaron las concentraciones de metabolitos: glucosa (Glu), colesterol (Col), triglicéridos (Trig), proteína total (Pt) y urea (Urea). Finalmente, las concentraciones de los electrolitos  $Na^+$ ,  $Cl^-$  y  $K^+$  también se determinaron.

### **3.4.1. Variables climáticas**

La temperatura ambiente y humedad relativa (máxima, mínima y promedio en ambas) se recabaron diariamente con higrómetrografos (Thermotracker®, Culiacán, Sinaloa, México) que se colocaron dentro de cada tratamiento. Los dispositivos se programaron para registrar estas variables cada 15 min durante el periodo experimental. Después se capturaron por medio del software Thermotracker Pro 2.0. Con la información obtenida se calculó el ITH, tomando en cuenta la fórmula utilizada por Marai et al. (2001):

$$ITH = T - ((0.31 - 0.31 * HR) / 100) * (T - 14.4)$$

ITH = Índice Temperatura-Humedad,

T = Temperatura ambiental

HR = Humedad relativa

### **3.4.2. Variables fisiológicas**

#### ***3.4.2.1. Frecuencia respiratoria***

La FR se midió cada 3 d en tres horarios (06:00, 12:00 y 18:00 h) contando el número de movimientos intercostales por minuto y se registró como respiraciones por minuto (rpm); para esto se usó un cronómetro con el que se midió el tiempo y un contador manual para contabilizar las respiraciones.

#### ***3.4.2.2. Temperatura rectal***

La TR se midió en los mismos tiempos que se registró la FR. Para esto, se inmovilizó el animal y se le insertó cuidadosamente en el recto un termómetro digital (Delta Trak, Pleasanton, CA, USA) hasta tres cuartas partes del mismo y se fijó sobre la pared del recto por 1 min.

### **3.4.3. Variables productivas**

Estas variables se registraron al inicio, mitad y final del estudio, estableciendo dos periodos (días 1 a 7 y 8 a 16), así como uno final que incluyó el periodo completo (días 1 a 16). Con el peso individual de las ovejas se obtuvo la ganancia diaria de peso (GDP) y la ganancia de peso total (GPT). El consumo de alimento (CAL) se registró diariamente y se combinó con la GDP para esimar la eficiencia alimenticia (EFA). Finalmente, se midió el consumo de agua (CAG) tanto en los periodos mencionados como en el día (06:00 – 18:00 h) y la noche (18:00 – 06:00 h).

### **3.4.4. Metabolitos sanguíneos**

Se colectaron muestras de sangre a los 10 animales de los dos tratamientos en los días 1, 5, 10 y 15 de la prueba. Las muestras se colectaron de la yugular en tubos vacutainer de 10 ml vía venopunción antes de ofrecer el alimento por la mañana. Las muestras se centrifugaron a 3500 rpm durante 15 min a 10<sup>0</sup> C, para después separar el suero y colocarlo por duplicado en viales de 2 ml. Estas muestras se almacenaron a -20 ° C hasta su posterior análisis. Se determinaron las concentraciones séricas de Glu, Col, Trig, PT y urea utilizando un auto-analizador sanguíneo de fase líquida (EasyVet, KontroLab, Michoacán, México) mediante métodos analíticos que tuvieron una sensibilidad de 1.0 mg/dL. La variabilidad de estos análisis se definió por el valor del coeficiente de variación (CV) utilizado, donde el CV intra-ensayos osciló entre 0.22 (para PT) hasta 1.55% (para urea); mientras que el CV inter-ensayos osciló entre 0.99 (en PT) hasta 3.45% (en Trig).

### **3.4.5. Electrolitos sanguíneos**

Con el segundo vial de suero obtenido se realizó la determinación de concentración de electrolitos (Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> y K<sup>+</sup>). Para este análisis se usó un equipo automatizado especial (Electrolyte Analyzer LW E60A; Landwind Medical, Shenzhen, China).

### **3.4.6. Componentes hematológicos**

También se colectaron muestras, al mismo tiempo que las anteriores, pero en tubos vacutainer de 4 ml con EDTA-K2 mediante punción de la yugular. Con esta sangre fresca se realizó la determinación de las concentraciones de los siguientes componentes hematológicos: GR, Hb, Htc, Plt, VCM, hemoglobina corpuscular media (HCM), concentración corpuscular media de hemoglobina (CCMH), ancho de distribución de eritrocitos (ADE), ancho de distribución del tamaño plaquetario (ADTP) y plaquetocrito (PCT). Para realizar estas determinaciones se usó un equipo Analizador Hematológico (Auto Hematology Analyzer, Mindray, BC-2800 Vet; Shenzhen, China).

### **3.5. Análisis estadístico**

Las variables de respuesta productivas se sometieron análisis de varianza bajo un diseño de bloques completos al azar usando el procedimiento GLM del SAS (2004). El criterio para bloquear fue el peso inicial de los animales y se corrieron modelos por periodo de mediciones (días 1 a 7, 8 a 16 y 1 a 16). Las variables fisiológicas FR y TR se analizaron con un diseño en bloques al azar con mediciones repetidas, donde el modelo incluyó los efectos bloque, tratamiento, tiempo (hora del día) y la interacción tratamiento x tiempo. Los metabolitos, componentes hematológicos y electrolitos se analizaron con un modelo similar que el anterior, pero la medición repetida fue día de muestreo. Las diferencias entre medias se detectaron con pruebas de t student para parejas de medias ajustadas utilizando el comando LSMEANS del PROC GLM. Se utilizaron polinomios ortogonales para determinar la tendencia de las respuestas, ya sea por hora del día o por día de muestreo. En todos los análisis, el nivel de significancia usado fue 5%, mientras que tendencia se consideró cuando este mismo nivel osciló entre 5 y 10%.

#### IV. RESULTADOS

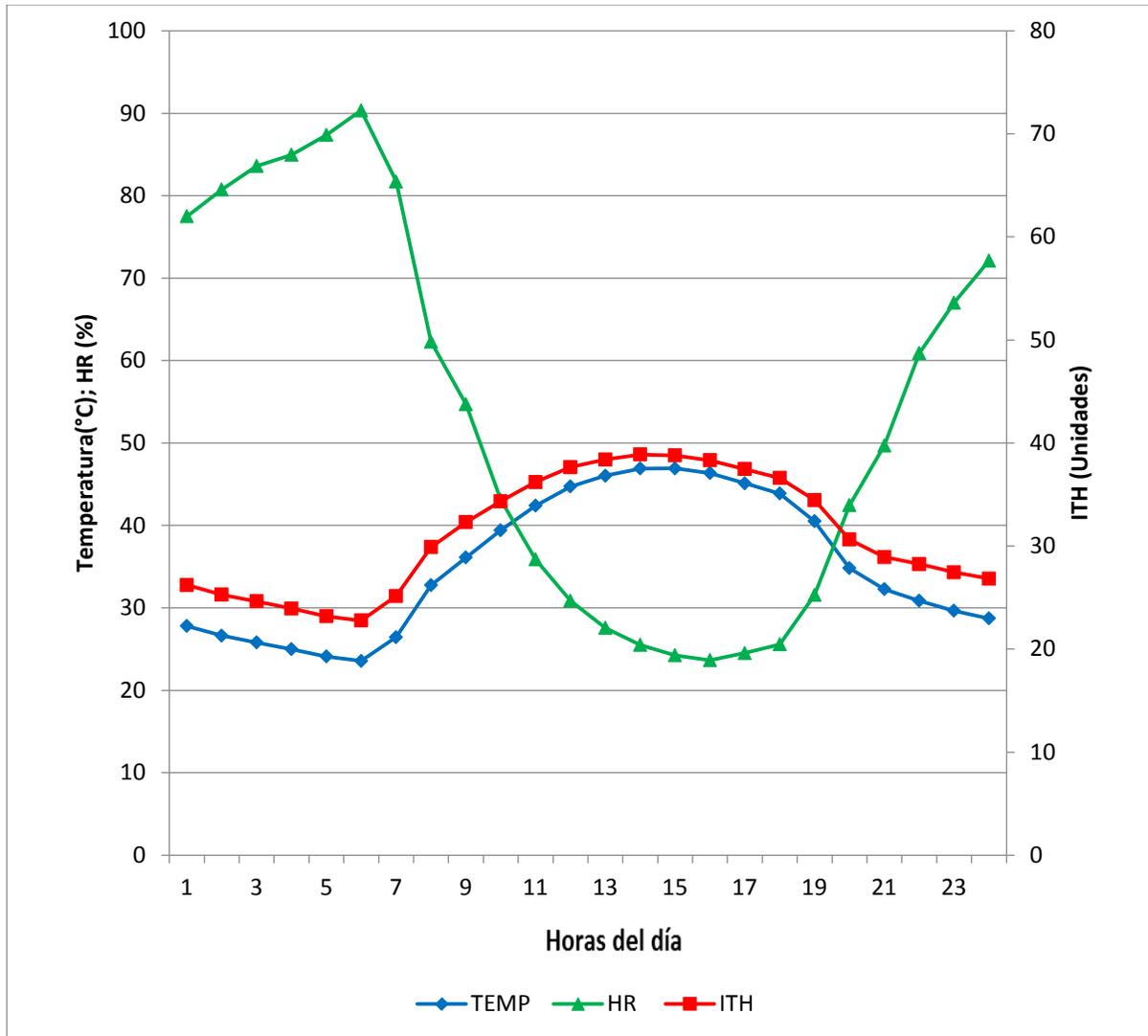
El Cuadro 1 muestra el resumen descriptivo de las variables climáticas registradas durante el estudio. Para ambos tratamientos se muestran los promedios de máxima, mínima y promedio de T, HR e ITH. En el tratamiento CS, la T máxima alcanzó 45 °C y en promedio 34.1 °C, mientras que para el tratamiento SS la T máxima alcanzada fue 50 °C, con promedio de 35.3 °C. La HR fue similar para ambos tratamientos en los valores máximos, mínimos y promedio. No obstante, el valor máximo de ITH fue muy superior en el tratamiento SS en comparación del grupo CS, siendo de 38.87 y 35.41 unidades, y en promedio 31.10 y 30.19 unidades, respectivamente.

**Cuadro 1.** Variables climáticas registradas durante el estudio en corderas con y sin sombra en verano.

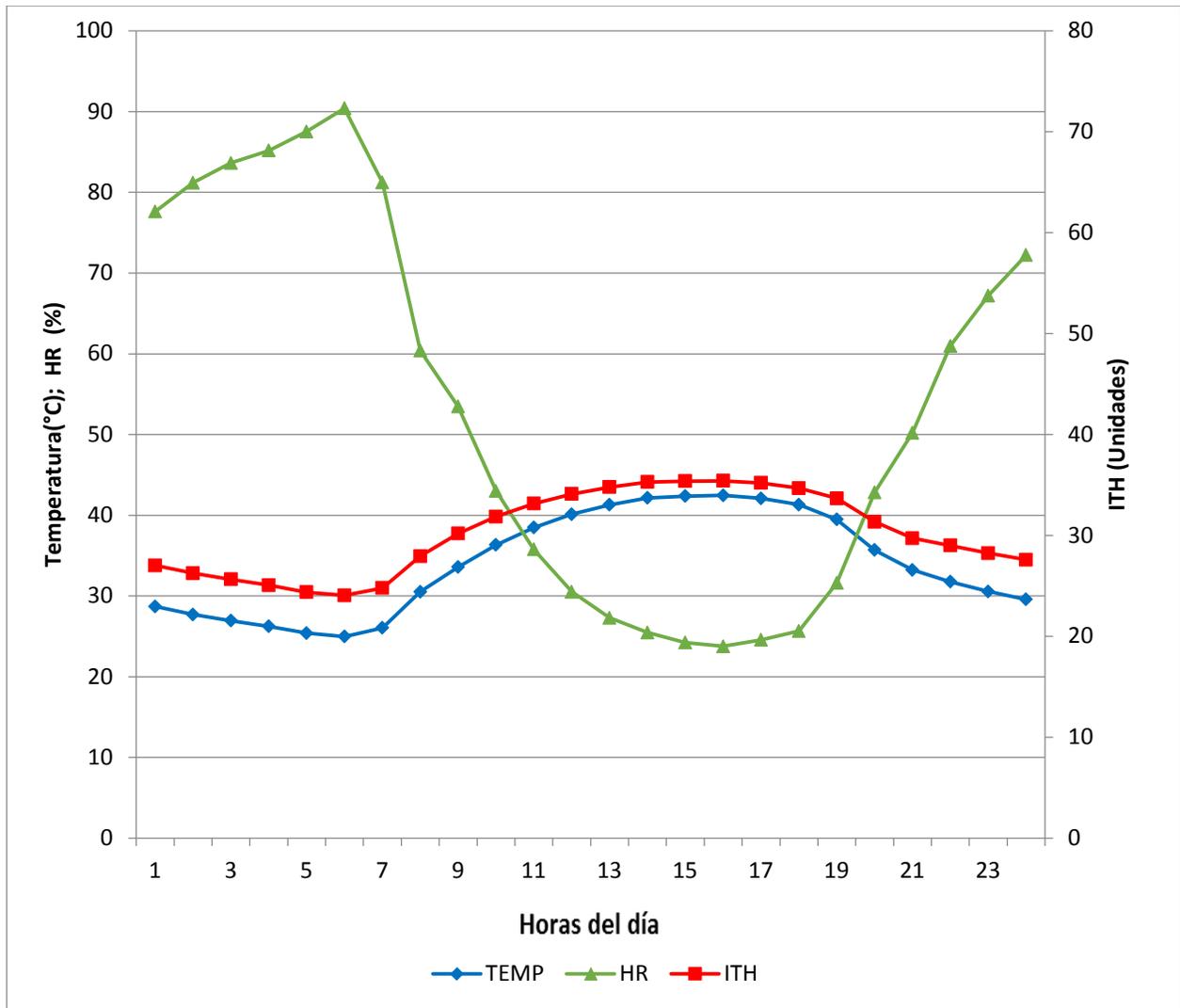
Variables	Con sombra	Sin sombra
<b>Temperatura</b>		
Promedio	34.1	35.3
Máxima	45.0	50.0
Mínima	20.4	18.6
<b>Humedad Relativa</b>		
Promedio	42.7	42.7
Máxima	93.4	93.4
Mínima	8.7	8.7
<b>ITH</b>		
Promedio	30.19	31.10
Máxima	35.41	38.87
Mínima	24.06	22.77

ITH = Índice temperatura-humedad.

La Figura 1 muestra los promedios de las variables climáticas ya mencionadas por hora del día (1 a 24 h) en el grupo SS durante el periodo de estudio, mientras que la Figura 2 muestra los mismos promedios por hora del día, pero en el tratamiento CS.



**Figura 1.** Promedios de temperatura, humedad relativa e ITH registrados por hora del día durante el estudio en corderas sin sombra en verano.



**Figura 2.** Promedios de temperatura, humedad relativa e ITH registrados por hora del día durante el estudio en corderas con sombra en verano.

El Cuadro 2 muestra los resultados de comportamiento en corral del experimento. Mientras que el consumo de alimento fue similar ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos en el periodo completo, el consumo de agua fue mayor ( $P < 0.05$ ) en corderas SS que en corderas CS durante los tres periodos del experimento. La GDP fue similar ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos durante los 16 d que duró el experimento, sin embargo, cuando se calculó para los primeros 8 d, ésta tendió a ser mayor ( $P = 0.06$ ) en corderas SS, pero en los últimos 8 d la GDP volvió a ser similar ( $P > 0.05$ ) en ambos grupos. Adicionalmente,

la eficiencia alimenticia no fue afectada ( $P>0.05$ ) por los tratamientos en el periodo general del estudio ni por periodos.

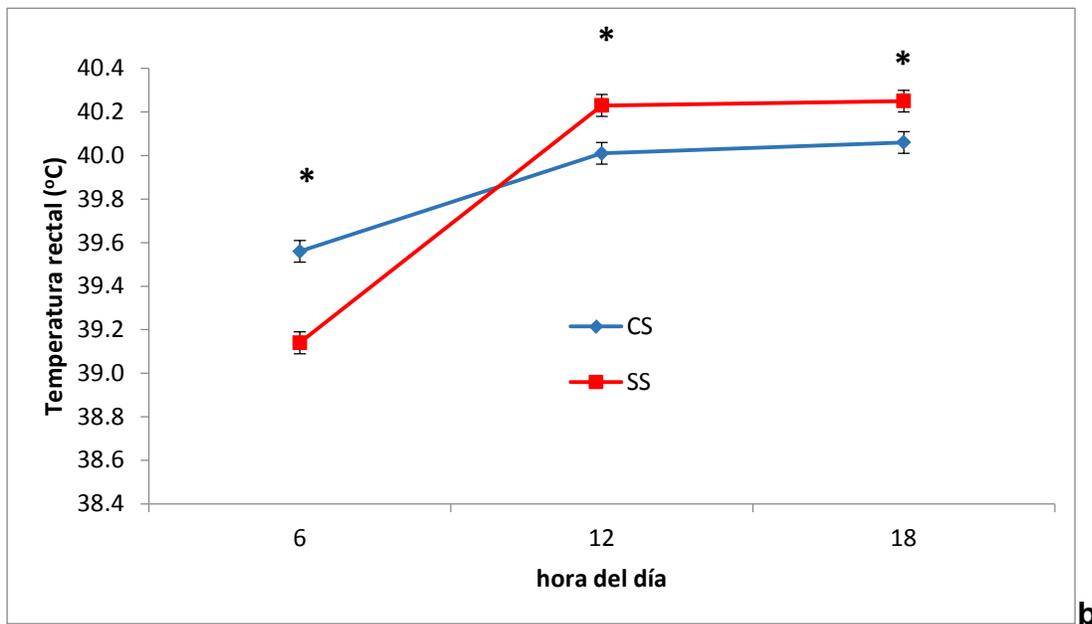
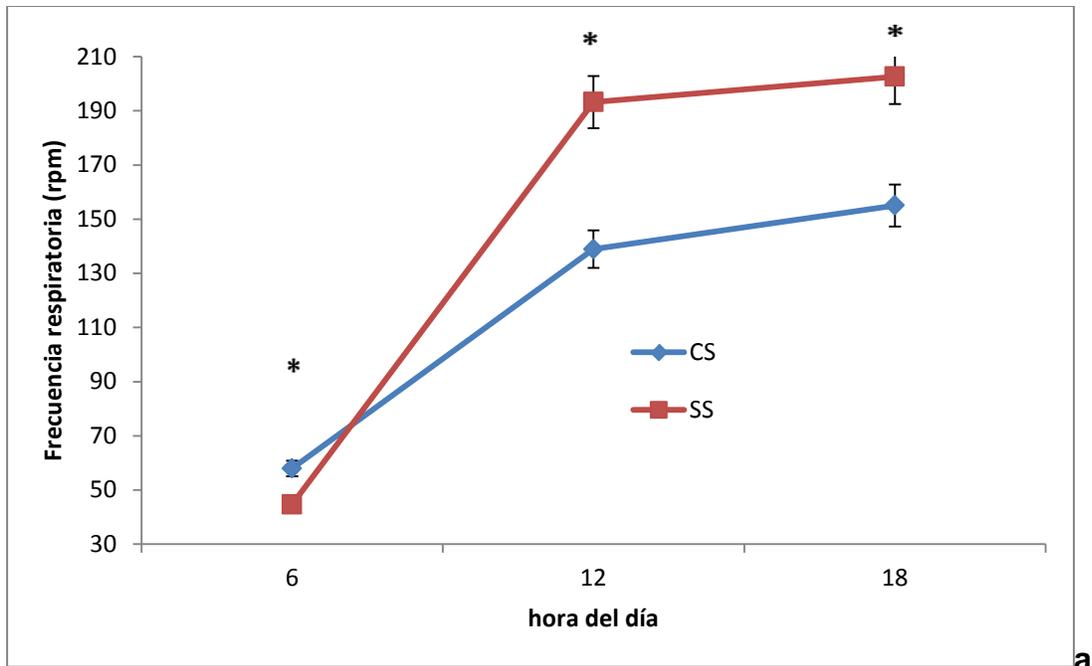
La interacción tiempo x tratamiento fue significativa ( $P<0.05$ ) para FR, observándose una mayor ( $P<0.05$ ) FR en el tratamiento CS a las 06:00 h (57.96 rpm) que en el grupo SS (44.67 rpm). Por otro lado, esta situación se invirtió a las 12:00 (138.9 rpm) y 18:00 h (155.05 rpm), ya que los animales CS presentaron menor ( $P<0.05$ ) FR (138.9 rpm vs. 155.05 rpm) en comparación con los animales SS (193.24 rpm vs. 202.64 rpm), respectivamente (Figura 3).

En la misma Figura 3 se presenta la gráfica que representa la interacción tiempo x tratamiento sobre TR, que se explica por una mayor ( $P<0.05$ ) TR en CS a las 6:00 h ( $39.56^{\circ}\text{C}$ ) comparado con el grupo SS que presentó  $39.14^{\circ}\text{C}$ . Por otro lado, a las 12:00 ( $40.1^{\circ}\text{C}$ ) y 18:00 h ( $40.6^{\circ}\text{C}$ ) se presentaron menores ( $P<0.05$ ) TR en CS en comparación con animales SS, quienes presentaron  $40.23$  vs.  $40.25^{\circ}\text{C}$  a esas mismas horas, respectivamente.

Los resultados de metabolitos sanguíneos bajo efecto de sombra y sin sombra en corderas de pelo en corral se presentan en el Cuadro 3. Las corderas CS presentaron menor ( $P<0.05$ ) concentración de Col y Trig (49.37 y 44.78 mg/dL) que corderas SS (61.39 y 50.20 mg/dL). El resto de los metabolitos no fueron afectados ( $P>0.05$ ) por la presencia de sombra en el corral. Se observó efecto del muestreo sobre niveles de Col, Trig, PT y urea. En el primer muestreo hubo menor ( $P<0.05$ ) concentración de Col que en el segundo muestreo, pero no con respecto a los demás muestreos. Se observó una menor ( $P<0.05$ ) concentración de Trig en el muestreo 4 con respecto a los demás muestreos. La menor concentración de PT se encontró en el muestreo 1 con respecto a los muestreos 2, 3 y 4. La mayor concentración de urea se observó en los muestreos 1 y 2, mientras que la más baja en el muestreo 3. La PT mostró una tendencia cuadrática ( $P<0.05$ ). El resto de los metabolitos no mostraron una tendencia significativa ( $P>0.05$ ).

**Cuadro 2.** Promedios de comportamiento productivo de corderas engordadas en corral con y sin sombra en verano.

Variables	Tratamientos		E.E.	Valor de P
	Con sombra	Sin sombra		
<b>Consumo de alimento MS (g/d)</b>				
d 1-7	1053.5	929.3	16.9	0.0009
d 8-16	1136.4	908.1	49.8	0.0112
d 1-16	1096.4	918.7	92.6	0.1348
<b>Ganancia diaria de peso (g/d)</b>				
1-7	94	237	49	0.0692
8-16	212	122	54	0.1870
1-16	153	180	30	0.5362
<b>Ganancia total (kg)</b>				
1-7	0.955	1.900	0.41	0.1417
8-16	1.79	0.98	0.49	0.1821
1-16	2.75	2.88	0.47	0.8474
<b>Eficiencia alimenticia (g/kg)</b>				
1-7	89	255	55	0.1049
8-16	186	134	45	0.3588
1-16	139	196	30	0.4085
<b>Consumo de agua (L/d)</b>				
1-7	3.5	4.1	0.163	0.0151
8-16	4.2	4.9	0.316	0.1343
1-16	3.8	4.5	0.214	0.0432
<b>Consumo de agua (L)</b>				
Día (6-18 h)	2.8	3.6	0.194	0.0209
Noche (18-6 h)	0.954	0.560	0.089	0.0120



**Figura 3.** Promedios de la interacción hora del día x tratamiento en la frecuencia respiratoria (a) y temperatura rectal (b) de corderas con y sin sombra en verano.

**Cuadro 3.** Promedios de metabolitos sanguíneos de corderas engordadas en corral con y sin sombra en verano.

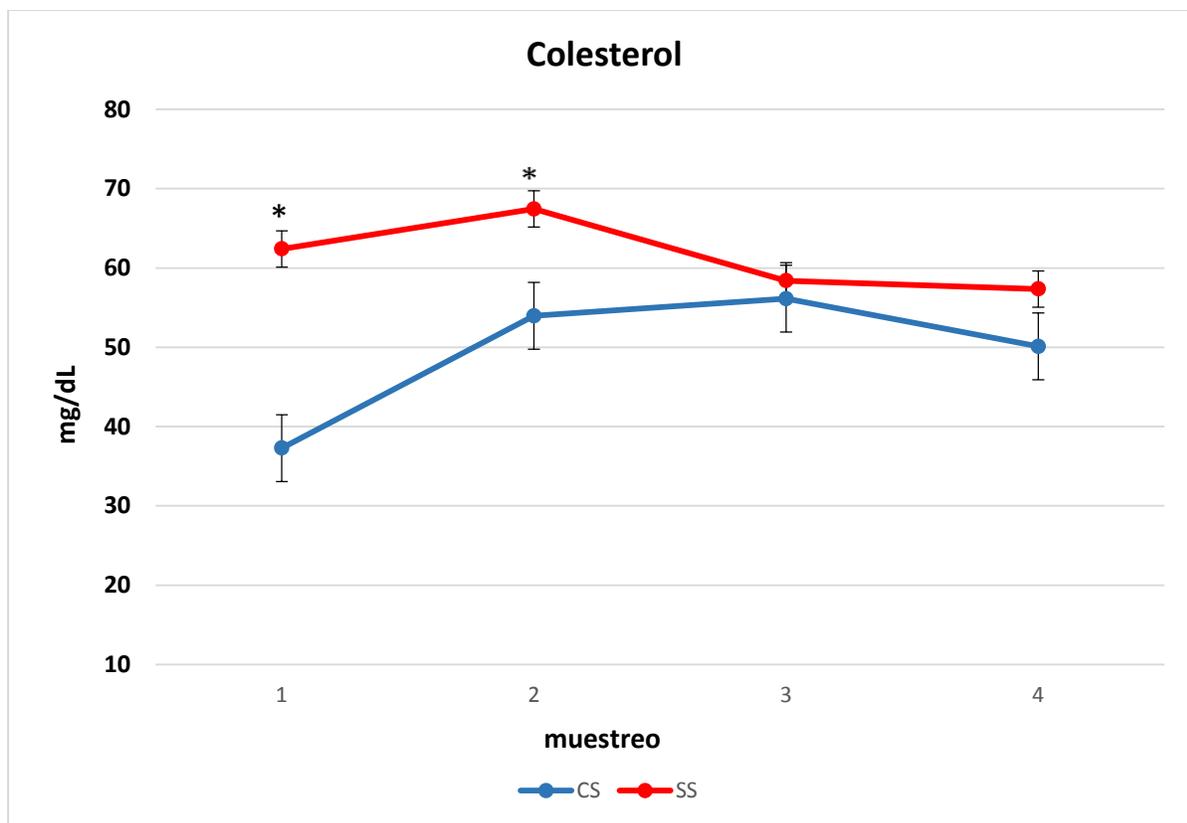
VARIABLES	TRATAMIENTOS			MUESTREOS				
	CS	SS	EE	1	2	3	4	EE
Col (mg/dL)	49.37	61.39	2.24	49.84	60.71	57.26	53.73	3.17
Trig (mg/dL)	44.78	50.20	2.58	50.70 <sup>a</sup>	57.44 <sup>a</sup>	53.08 <sup>a</sup>	28.74 <sup>b</sup>	3.65
Glu (mg/dL)	77.04	82.78	2.46	81.06	76.71	81.97	79.91	3.48
PT (mg/dL) <sup>1</sup>	7.01	6.98	0.06	6.80 <sup>a</sup>	7.04 <sup>ab</sup>	7.11 <sup>b</sup>	7.03 <sup>ab</sup>	0.09
Urea (mg/dL)	39.80 <sup>a</sup>	35.45 <sup>b</sup>	1.13	42.06 <sup>a</sup>	41.18 <sup>a</sup>	30.65 <sup>c</sup>	36.60 <sup>b</sup>	1.60

\*ab Promedios con distinta literal en hilera difieren ( $P < 0.05$ )

<sup>1</sup> Tendencia cuadrática en PT ( $P < 0.05$ )

La interacción muestreo x tratamiento fue significativa ( $P < 0.05$ ) para la concentración de Col, observándose una mayor ( $P < 0.05$ ) concentración de Col en sangre en el tratamiento SS en los primeros dos muestreos en comparación con el grupo CS (113.64, 112.49 y 113.94 mg/dL vs 112.03, 110.96 y 112.6 mg/dL respectivamente). No obstante, durante el cuarto muestreo el grupo SS presentó menor ( $P < 0.05$ ) concentración de colesterol en sangre con respecto al grupo CS (112.51 vs 112.62 mg/dL).

Los resultados de electrolitos sanguíneos por efecto de sombra en corderas de pelo en corral se presentan en el cuadro 3. Se observó el efecto de tratamiento sobre las concentraciones de  $K^+$  y  $Cl^-$ , las cuales fueron mayores ( $P < 0.05$ ) para el grupo SS en relación con el grupo CS (5.23 vs 4.79 mmol y 113.14 vs 112.05 mmol, respectivamente). Las concentraciones de  $Na^+$  no fueron afectadas por el tratamiento. En  $K^+$ , el muestreo 1 tuvo mayor concentración ( $P < 0.05$ ) que el 3, pero no hubo diferencias ( $P > 0.05$ ) con los restantes muestreos. Para  $Cl^-$ , se observó una disminución significativa ( $P < 0.05$ ) del muestreo 2 al 3, siendo similares los demás muestreos.



**Figura 4.** Promedios de la interacción muestreo x tratamiento en la concentración de colesterol de corderas con y sin sombra en verano.

**Cuadro 4.** Promedios de electrolitos sanguíneos de corderas engordadas en corral con y sin sombra en verano.

VARIABLES	TRATAMIENTO			MUESTREO				
	CS	SS	EE	1	2	3	4	EE
K (mmol/L)	4.79 <sup>b</sup>	5.23 <sup>a</sup>	0.10	5.22 <sup>a</sup>	5.17 <sup>ab</sup>	4.80 <sup>b</sup>	4.86 <sup>ab</sup>	0.14
Na (mmol/L)	141.74	142.21	1.96	145.2	140.2	139.4	142.6	2.77
Cl (mmol/L)	112.05 <sup>b</sup>	113.14 <sup>a</sup>	0.30	112.8 <sup>ab</sup>	111.7 <sup>a</sup>	113.3 <sup>b</sup>	112.6 <sup>ab</sup>	0.42

\*ab Promedios con distinta literal en hilera por factor difieren ( $P < 0.05$ )

K: Potasio; Na: Sodio; Cl: Cloro; CS=Con sombra; SS=Sin sombra

Los resultados de las variables hematológicas por efecto de tratamiento y muestreo se muestran en el cuadro 5. Se observó una mayor ( $P<0.05$ ) concentración de hemoglobina en corderas SS (12.45 g/dL) en comparación con las CS (12.16 g/dL). En las variables VCM, HCM, ADE, ADTP y Pct se presentó una mayor ( $P<0.05$ ) concentración en el grupo CS en comparación con el grupo SS. En el resto de las variables hematológicas (Hb, Gr, Htc, CCMH, Plt y volumen de plaquetas) no se observaron diferencias ( $P>0.05$ ) entre el grupo SS y CS. La Hb mostró una tendencia lineal, es decir, a disminuir ( $P<0.05$ ) conforme avanzaba el experimento. Con respecto a los muestreos, se observó mayor ( $P<0.05$ ) concentración de Ht y Hb en el primer muestreo con respecto al último (muestreo 1 vs muestreo 4), sin observar diferencias en los restantes muestreos.

**Cuadro 5.** Promedios de variables hematológicas de corderas engordadas en corral con y sin sombra en verano.

VARIABLES	TRATAMIENTOS			MUESTREO				
	CS	SS	EE	1	2	3	4	E.E
Glóbulos rojos (X 10 <sup>12</sup> L)	13.14	13.72	0.31	13.87	13.40	13.51	12.92	0.43
Hemoglobina (g/dL)	12.17 <sup>a</sup>	12.41 <sup>b</sup>	0.24	12.70 <sup>a</sup>	12.48 <sup>ab</sup>	12.29 <sup>ab</sup>	11.67 <sup>b</sup>	0.34
Hematocrito (%)	40.20	40.54	0.73	41.75 <sup>a</sup>	40.44 <sup>ab</sup>	40.74 <sup>ab</sup>	38.54 <sup>b</sup>	1.04
VCM (X 10 <sup>15</sup> L)	31.27 <sup>a</sup>	29.70 <sup>b</sup>	0.45	30.58	30.59	30.51	30.17	0.63
HCM (Pg.)	9.37 <sup>a</sup>	9.00 <sup>b</sup>	0.11	9.22	9.34	9.11	9.06	0.15
CCMH (g/Dl)	30.05	30.54	0.21	30.08	30.80	30.08	30.23	0.29
ADE (%)	18.04 <sup>a</sup>	17.29 <sup>b</sup>	0.18	17.50	17.73	17.67	17.75	0.26
Plaquetas (X 10 <sup>9</sup> L)	601.5	555.8	25.5	615.5	590.9	536.6	571.5	35.6
Volumen de plaquetas (X 10 <sup>15</sup> L)	3.96	3.57	0.18	4.17	3.63	3.64	3.61	0.26
ADTP (%)	15.33 <sup>a</sup>	15.16 <sup>b</sup>	0.04	15.28	15.25	15.24	15.18	0.06
PCT (%)	0.22 <sup>a</sup>	0.19 <sup>b</sup>	0.009	0.22	0.21	0.20	0.20	0.01

\*ab Promedios con distinta literal en hilera por factor difieren (P < 0.05)

VCM: Volumen corpuscular medio; HCM: hemoglobina corpuscular media; CCMH: concentración corpuscular media de hemoglobina; ADE: ancho de distribución de eritrocitos; ADTP: ancho de distribución del tamaño plaquetario; PCT: plaquetocriito; CS: Con sombra; SS: Sin sombra.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Variables climáticas

Las condiciones ambientales durante el periodo experimental indican que las corderas estuvieron bajo un intenso estrés calórico en ambos tratamientos, ya que la temperatura promedio durante este estudio fue de 34.1°C en corderas CS, mientras que las corderas SS 35.3°C, valores que se encuentran muy cercanos a los 35°C de la temperatura crítica señalada para ovinos (Baeta y Souza, 2010). Por otro lado, Fuquay (1981) reportó que la zona termoneutral de los ovinos se encuentra entre 18°C y 27°C. Recientemente, Cezar et al. (2004) reportaron que, a partir de 31°C, los ovinos de pelo de raza Santa Inés tuvieron un aumento en la TR y frecuencia cardiaca. Por su parte, Oliveira (2011) indica que esta temperatura crítica en ovinos de pelo es 35°C. Se debe señalar que los valores mencionados en el presente estudio son promedios, ya que en las figura 2 y 3 se aprecia que casi durante 12 h del día la temperatura sobrepasó 35°C (09:00 a 20:00 h).

De acuerdo con Marai et al. (2001; 2007), valores de ITH <22.2 indican ausencia de estrés calórico, de 22.2 a <23.3 estrés térmico moderado, de 23.3 a <25.6 estrés térmico severo y >25.6 estrés térmico severo extremo. En el presente estudio, el valor de ITH promedio fue mayor para el grupo SS en comparación con el grupo CS, (31.10 vs 30.19 unidades respectivamente). Complementario a las altas temperaturas registradas en este estudio y de acuerdo a esta clasificación, ambos grupos estuvieron bajo estrés calórico severo, lo que implica que la sombra no fue efectiva en reducir este índice. El ITH se utiliza comúnmente como factor ambiental para predecir las pérdidas de producción de un animal expuesto a condiciones climáticas calurosas y húmedas (Karaman et al., 2007). El ITH registrado en el presente estudio fue similar al ITH reportado por Al-Haidary et al. (2012) quien probó la tolerancia al calor en ovejas Najdi en época de verano en Arabia Saudita.

En ambos grupos, los datos climáticos en este estudio demuestran que las corderas estuvieron bajo estrés calórico extremo durante las horas del día, mientras que durante

la noche hubo una combinación de estrés calórico severo y moderado; de hecho, solo el grupo sin sombra presentó un valor de ITH menor a 23 unidades, el cual se registró a las 05:00 h.

Es posible que la radiación producida por la lámina galvanizada evitara que este material cumpliera su función de proporcionar mayor confort a los animales CS, y en vez de reducir la temperatura ésta se haya mantenido alta por más tiempo. La altura a la que se colocó la sombra pudo haber sido otro factor que influyó negativamente en la respuesta de los animales CS. En condiciones tropicales, Padilla-Ramírez et al. (1985) colocaron la sombra a una altura de 3.8 m del piso para probar su efecto sobre otro grupo sin sombra, encontrando un efecto positivo en la productividad de los corderos.

## **5.5. Variables productivas**

El consumo de alimento fue mayor ( $P < 0.05$ ) en corderas CS en relación con corderas SS en los dos periodos del estudio (días 1 – 7 y 8 - 16), mientras que en el periodo completo de 16 d el consumo fue similar. Estos resultados reflejan que las condiciones de estrés calórico a las que estuvieron sometidos ambos grupos fueron más intensas para el grupo SS, ya que la sombra aminoró las condiciones de estrés calórico, provocando mayor consumo de alimento en relación a corderas desprovistas de sombra. Diversos autores han reportado una disminución en el consumo de alimento en rumiantes bajo estrés calórico (Macías-Cruz et al., 2010; Daramola et al., 2012; Chedid et al., 2014; Sunagawa et al., 2015; Todaro et al., 2015). El NRC (1981) sugiere que el consumo de alimento es un parámetro productivo que no presenta una gran consistencia en sus resultados, ya que es afectado por los distintos factores como son los climáticos (radiación, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento), así como otros factores como sexo, genotipo, edad, y etapa fisiológica, entre otros.

El mecanismo que dirige el control del consumo de alimento voluntario en ovejas en condiciones de estrés calórico es descrito por varios autores que revelan que el cerebro de la oveja regula la ingesta haciendo ajustes que provocan la alteración de la glándula tiroidea, la cual actúa de manera secuencial a través de termosensores entre el eje

hipotálamo-hipófisis-tiroides (Marai et al., 2007). Así, el aumento de la temperatura corporal activa factores de inhibición de la tirosina en la hipófisis anterior, disminuyendo de forma importante la secreción de la hormona tirotrópica, que es estimuladora de la tiroides (TSH) y promueve la secreción de las hormonas tiroideas (T3, triiodotironina y T4, tiroxina); la disminución en la secreción de estas hormonas tiroideas conlleva a problemas de hipotiroidismo, que tiene como principales consecuencias negativas la pérdida del apetito, reducción del crecimiento, anemia y consecuentemente disminución del peso corporal (Martínez et al., 2001; Leibovich et al., 2011). La reducción en el consumo de alimento es una respuesta inmediata de adaptación a las condiciones de estrés calórico provocado por efecto de las hormonas tiroideas sobre la motilidad del tracto digestivo, lo que se refleja en una menor tasa de pasaje y, por consecuencia, una baja considerable en el consumo de alimento, lo que ayuda a disminuir el calor generado por la fermentación ruminal y el metabolismo corporal, por lo que favorece la presencia de condiciones corporales de normotermia (Turner y Taylor, 1983). Según Rivington et al. (2009), los animales pueden adaptarse a altas temperaturas a través de mecanismos de respuesta útiles para la supervivencia, pero son perjudiciales para el rendimiento productivo y reproductivo. Los ovinos de pelo, en especial la raza Pelibuey y sus cruza, regulan mejor su temperatura corporal en condiciones de estrés calórico (Tabarez et al., 2009), sin embargo, el nivel de estrés calórico en corderas SS perjudicó el consumo de alimento, pero no el crecimiento de las corderas en el presente estudio.

Según Indu (2015), la inhibición del crecimiento y la producción en ovejas sometidas a estrés térmico puede ser causada por las hormonas del estrés, especialmente los corticosteroides (Daramola et al., 2012). Otro factor que afecta la tasa de crecimiento en animales es el desequilibrio que causa el estrés calórico en la síntesis y degradación de proteínas, ya que recientemente se ha encontrado que durante condiciones de estrés calórico, existe una mayor síntesis de proteínas de choque térmico y ARNm para la producción de las mismas, así como una disminución en la síntesis y un aumento en la degradación de proteínas musculares. Las proteínas de choque térmico son esenciales en el proceso de aclimatación al estrés y establecen un balance entre el sistema inmunológico y la supervivencia en el ganado (Morange, 2006), ya que su función es proteger a las membranas celulares, al ADN y algunas proteínas, sin

embargo, la disminución de proteínas musculares afecta negativamente el crecimiento de los animales. Por otra parte, la síntesis de células satelitales también es afectada. Estas últimas son células miogénicas mononucleadas, que se fusionan con las fibras musculares existentes y proporcionan los núcleos necesarios para la hipertrofia (Moss y Lebloud, 1971).

SCAHAW (2001) sugiere que la temperatura umbral en la que el ganado de carne sufre efecto adverso evidente sobre el consumo de alimento, la eficiencia alimenticia y el crecimiento es 30 °C con humedad relativa inferior a 80%. Durante el presente estudio, la temperatura promedio fue mayor a 30 °C para corderas de ambos grupos, lo que explica la baja eficiencia de los animales en la engorda. Es importante señalar que los animales del presente estudio tuvieron una dieta formulada para ganar peso, sin embargo, las corderas de ambos grupos presentaron bajas ganancias de peso en el periodo completo (2.75 kg en corderas con sombra y 2.88 kg en corderas sin sombra). Pérard (2016) trabajó con ovejas del mismo genotipo en la misma zona de estudio, pero en condiciones termoneutrales, encontrando que en 17 d de engorda la ganancia diaria de peso fue 230 g/d, la ganancia de peso total 4.23 kg, el consumo de MS 1.12 kg/d y la eficiencia alimenticia de 0.21; estos valores representan dos y hasta tres veces más (excepto el consumo de MS) que los encontrados en el presente estudio, dando una idea de la diferencia de engordar ovejas en condiciones termoneutrales y de estrés calórico severo. Según Hafez (1991), las altas temperaturas ambientales, los nutrientes disponibles y las hormonas son factores que pueden influir en la ganancia diaria de peso y aumento de la masa corporal viva o la multiplicación celular, ya que el crecimiento se controla genética y ambientalmente. Kamanga-Sollo et al. (2011) sugieren que los efectos del estrés calórico en el crecimiento provocan disminución de la actividad anabólica causada por un menor consumo de alimento y aumento del catabolismo de los tejidos. En el presente estudio, las ovejas SS ganaron más peso en el primer periodo, situación que se invirtió en el segundo periodo al ganar más peso las corderas CS. El consumo de alimento se comportó de manera inversa que la ganancia diaria de peso, aunque en el periodo completo ambas variables fueron similares para CS y SS. Estos resultados sugieren que las ovejas SS fueron más eficientes en utilizar sus nutrientes para depositar músculo durante la primera semana, sin embargo, en la

siguiente semana esta aportación desaparece. Dado que los niveles de glucosa se mantuvieron relativamente estables a través del periodo de estudio, es posible que la hormona insulina haya actuado regulando el metabolismo de lípidos y carbohidratos, pues se ha mencionado a la insulina como estimuladora del transporte de glucosa en situaciones de estrés calórico a tejido graso y muscular (Baumgard y Rhoads, 2012). Además, la insulina es conocida como un potente agente antilipolítico, lo cual podría explicar porqué los animales estresados por calor no movilizan tejido adiposo, lo cual es un proceso clave por el cual los animales estresados ahorran sus niveles de glucosa pero mantienen la síntesis de músculo esquelético, incluso en condiciones de malnutrición (Vernon, 1992).

Los resultados de este estudio coinciden con los resultados reportados por Liu et al. (2012), quienes indican que corderos de lana raza Ujumqin en pastoreo con sombra tuvieron ganancias diarias de peso similares que corderos sin acceso a sombra. No obstante que los autores mencionan que el peso corporal no se modificó por efecto de la sombra, los niveles de cortisol fueron mayores en corderos SS en relación a los que tuvieron sombra.

Por otro lado, Padilla-Ramírez et al. (1985) encontraron que borregos Pelibuey con sombra presentaron 7.2% mayor peso corporal que borregos sin acceso a sombra en una zona tropical del sureste mexicano. Los animales estuvieron confinados en corrales grandes con sombras de gran extensión (hasta 200 m<sup>2</sup>). El hecho de que las corderas del presente estudio se mantuvieran durante la prueba encerradas en corraletas individuales, se considera un factor adicional que pudo haber afectado negativamente el consumo en forma directa en ambos tratamientos.

Mengistu et al. (2017) encontraron resultados inesperados en el consumo de MS en ovejas Katahdin y cabras Boer y españolas expuestas a condiciones de estrés térmico, ya que, de forma interesante, todos los animales parecieron experimentar adaptación en sus procesos fisiológicos que permitieron que el consumo de MS aumentara de la semana cuatro a la seis. Las ovejas se encontraban en una cámara con condiciones climáticas controladas, expuestas dos semanas a condiciones termoneutrales y a partir

de la tercera semana se expusieron a condiciones de estrés calórico cada vez más altas hasta llegar a la sexta semana.

Okourwa (2014) encontró diferencias en el peso final en cabras West African enanas al someter dos grupos por 5 h a radiación solar directa, uno en la tarde, otro en la mañana, además de un tercer grupo sin exposición como testigo. Las cabras expuestas a 5 h de radiación durante la tarde tuvieron una ganancia menor a las cabras que no fueron expuestas a radiación solar. Estos resultados no coincidieron con los del presente estudio, diferencia que pudo deberse a que, no obstante que un grupo no fue expuesto a la radiación solar directa a diferencia del grupo no sombreado, ambos tratamientos fueron sometidos a estrés calórico severo extremo.

Popoola et al. (2014) encontraron que el peso corporal y la ganancia diaria de peso de cabras West African enanas en pastoreo fue fuertemente afectado por el ITH, ya que cuando éste superó 27 unidades, el peso corporal disminuyó, mientras que cabras sujetas a ITH menor a 23.5 aumentaron su peso corporal 1.09 kg en comparación con cabras con ITH superior a 27 unidades. En el presente estudio los promedios de ITH para ambos grupos fueron superior a 30 unidades, esto explica el bajo consumo de alimento y baja ganancia de peso en ambos grupos.

De et al. (2017) realizaron un experimento con dos grupos de ovejas Malpura, uno testigo y otro expuesto a temperatura diferente en distintas horas del día en una cámara climática, simulando una alta temperatura ambiental de verano en el trópico semiárido. La temperatura más alta dentro de la cámara climática resultó en una menor proporción de tiempo de ingesta de alimento en cada hora en comparación con el grupo testigo; también observaron una mayor ingesta de alimento en el grupo estresado en comparación con el grupo testigo de 16:15 a 17:00 horas, sugiriendo que podría ser una alimentación compensatoria para satisfacer su requerimiento de MS en las horas más frescas del día. En el presente estudio, el patrón diurno del consumo no se caracterizó, pero es posible que las corderas sin sombra consumieran más alimento durante la noche o las horas de la madrugada cuando las temperaturas eran más bajas como un mecanismo adaptativo, sin embargo no lograron recuperarse del calor del día, y consumieron menos alimento que las corderas protegidas por la sombra.

### **5.5.1. Consumo de agua**

El consumo de agua fue mayor en animales sin acceso a sombra en los dos periodos experimentales, esto debido a que estuvieron expuestos a mayor radiación solar, lo que generó una gran carga calórica que repercutió en menor consumo de alimento y mayor consumo de agua para reducir la producción de calor metabólico generado. Las altas temperaturas ambiente inducen un evidente incremento en el consumo y rotación de agua (Padua et al., 1997). En respuesta al estrés calórico, los ovinos de zonas desérticas utilizan una diversidad de cambios fisiológicos, morfológicos y de comportamiento para hacer frente a las condiciones ambientales que pueden dar lugar a la deshidratación (Cain et al., 2006).

Este aumento en el consumo de agua indica que las ovejas expuestas a la radiación solar directa experimentaron una magnitud mucho mayor de tensión fisiológica que las corderas bajo sombra. El aumento del consumo de agua durante las condiciones de calor en el presente estudio es también parte de la respuesta termorreguladora de los ovinos y podría haber ocurrido para compensar el déficit de agua corporal que fue causada por el aumento de la evaporación a través del tracto respiratorio y las glándulas sudoríparas de la piel (Johnson, 1991; Indu, 2015). Silanikove (1987) reportó que la restricción o deshidratación de agua reduce el consumo de alimento voluntario. En este estudio se observó la disminución en el consumo de alimento, sin embargo, los niveles de electrolitos sanguíneos se encontraron dentro de los niveles de referencia posiblemente porque el agua siempre estuvo disponible para ambos grupos de corderas.

Al-Haidary (2012) reportó que ovejas Merino en condiciones cálidas aumentaron el consumo de agua en 159% en comparación con su consumo de agua durante el período inicial cuando se encontraron en zona termoneutral. En el presente estudio se observó una diferencia en el consumo de agua en el periodo completo fue 0.7 L/d a favor de animales SS en relación a animales CS.

## 5.6. Frecuencia respiratoria y temperatura rectal

La activación de mecanismos de termorregulación en ovejas es una respuesta para mantenerse en una condición de termoneutralidad, disipando el exceso de carga de calor corporal y evitando comprometer su supervivencia. Diversos estudios con pequeños rumiantes han reportado aumento en FR y TR cuando animales sin sombra son comparados con animales sin sombra (Padilla-Ramírez, 1985; Liu, 2012; Okourwa, 2014). Las respuestas inmediatas a la carga de calor son aumento de la frecuencia respiratoria, disminución de la ingesta de alimentos y aumento de la ingesta de agua (Al-Haidary et al., 2012). El órgano que controla la termorregulación en animales sometidos a altas temperaturas es el cerebro, específicamente el hipotálamo (Habeeb et al., 1992). El principal factor de la respuesta corporal a los cambios climáticos es la temperatura con la que la sangre llega al hipotálamo, la porción anterior o rostral del hipotálamo, formada por centros parasimpáticos, es la responsable de disipar el calor; cuando las neuronas en esta zona del hipotálamo son estimuladas, se inicia un conjunto de mecanismos enfocados a producir termólisis, inhibiéndose el centro hipotalámico posterior, lo que ocasiona una inoperancia de todos los mecanismos termogénicos, disminuyendo el metabolismo, y de forma progresiva la producción de hormona tiroidea (Silanikove, 1987). La inhibición de los centros simpáticos hipotalámicos conduce a una vasodilatación (Cunningham et al., 2014), lo que promueve a una mayor temperatura de la piel y más pérdida de calor a través de la radiación y la convección por diferencia de temperatura entre la piel y el aire circundante (Macías-Cruz et al., 2016). Pero cuando la carga calórica es tan alta que los medios no evaporativos son insuficientes para disipar el calor adecuadamente, el hipotálamo dictamina el aumento de la FR y la producción de sudor para disminuir la temperatura corporal. Pero cuando los mecanismos para disipar el calor fallan, esto se refleja en un aumento de la TR (Marai y Habeeb., 2010), que junto con la FR son los índices más sensibles de tolerancia al calor entre las respuestas fisiológicas más estudiadas (Verma et al., 2000).

Los animales CS a las 6:00 h presentaron mayor FR (58 rpm) que los SS (45 rpm), esto es posiblemente debido a que los corderos CS tuvieron problemas para disipar el calor por convección y radiación durante la noche por estar bajo sombra permanentemente, por lo que no pudieron recuperarse de la carga calórica que recibieron durante el día. En cambio, los animales SS tuvieron oportunidad de recuperarse por las corrientes de aire, ya que, al encontrarse en un espacio abierto, pudieron disipar el calor a través de convección y radiación por las noches. Hassanin et al. (1996) encontraron que el sombreado con asbesto indujo mayor temperatura del aire en la noche que excedió la zona termoneutral de las ovejas, lo que pudo interferir con la disipación adicional del calor del cuerpo.

A las 12:00 y 18:00 h, las corderas sin acceso a sombra mostraron mayor FR que los animales con sombra, posiblemente debido a que los animales sin sombra estuvieron expuestos a una temperatura más elevada y a la radiación solar directa. Esto coincide con el estudio de Padilla-Ramírez et al. (1985), quienes observaron que animales sin acceso a sombra en horas de mayor radiación solar tuvieron mayor FR (136.6 rpm) que los animales con sombra (56.5 rpm). También coincide con Silanikove (1987), que encontró que la tasa de respiración fue de 125 rpm en ovejas expuestas a la radiación solar en verano en comparación con ovejas con sombra (80 rpm). Por otro lado, Al-Tamini (2007) observó un aumento en la FR de 133%, en cabras expuestas a radiación solar, en comparación con cabras en área sombreada. También coincide con Silanikove (1987), quien encontró que la tasa de respiración fue de 125 rpm en ovejas expuestas a la radiación solar en verano en comparación con ovejas con sombra (80 rpm). Sin embargo, difiere con los resultados de Pinto-Santini et al. (2014), que no encontraron diferencias en la FR de ovejas de África Occidental pastando durante la tarde con y sin sombra artificial. Hopkins et al. (1980) encontraron que corderos no destetados sin acceso a la sombra presentaron una alta tasa de respiración de 09:00 hasta el final de la tarde en comparación con corderos bajo sombra y mencionaron que los corderos sin sombra quedaban dormidos en el fresco de la noche, aparentemente agotados por sus esfuerzos de termorregulación.

Silanikove (2000) caracterizó el estrés calórico en base a la FR en: bajo 40 -60 rpm, medio alto 60-80 rpm, alto 80-120 rpm y severo superior a 150 rpm. En el presente estudio, la FR durante la mañana para corderas CS y SS está en la clasificación de bajo, pero a las 12:00 h y 18:00 h la FR se clasificó como alto y severo para el grupo con sombra, respectivamente. Para el grupo SS la FR se clasificó como severo a las 12:00 y 18:00 h.

Por otro lado, la TR a las 6:00 h fue mayor en animales CS que en animales SS (39.56 vs 39.14°C), esto pudo deberse a que la ausencia de espacio sin sombra condujo a que las corderas no pudieran irradiar el calor ganado en horas del día. Al igual que en FR, esto se atribuye a que los animales no tuvieron la libertad de mitigar el calor por la noche y ni en horas de la madrugada por estar en corrales cubiertos de sombra, en cambio, los animales SS tuvieron una menor temperatura rectal a las 6:00 h porque alcanzaron a disipar la carga calórica debido al intercambio de calor por radiación con el ambiente y por convección con corrientes de aire templado durante las horas de la noche. Por otra parte, a las 12:00 h y 18:00 h, la TR fue mayor para animales SS, ya que estuvieron expuestos a mayor radiación solar, lo que provocó una alta carga calórica. Estos resultados coinciden con Al-Tamini (2007), que observó un aumento en las temperaturas rectales de 1.5% en cabras expuestas a radiación solar, en comparación con cabras en áreas sombreadas

De et al. (2014) realizaron un estudio donde compararon los ITH de la mañana, tarde y noche, encontrando que la FR fue más elevada para ovinos en la tarde como consecuencia del estrés calórico durante el día a un ITH de 32.77 unidades en comparación con los demás lapsos del día bajo un ambiente semiárido tropical.

Popoola et al. (2014) compararon los efectos del ITH sobre la tolerancia al calor de cabras West African Dwarf en estación seca y lluviosa, observando efectos significativos en TR (39.61°C) cuando el ITH promedio era superior a 27.50 unidades en comparación con un ITH de 25.5 - 27.5 (39.52 ± 0.08 °C), pero la FR fue igual con ITH de 25.5 - 27.5 y superior a 27.5 unidades.

## 5.7. Electrolitos sanguíneos

En el presente estudio se esperaba que las concentraciones de electrolitos sanguíneos fueran menores en las corderas SS en comparación con las corderas CS. Sin embargo, contrario a este razonamiento, las concentraciones séricas de  $K^+$  y  $Cl^-$  fueron más altas en las corderas expuestas a la radiación solar directa (SS) en comparación de las ovejas que se encontraban en supuestas condiciones ambientales favorables (CS).

Burtis y Ashwood (1998) mencionan que aumentos en los niveles de  $K^+$  pueden ser casuados por deshidratación debido a una exposición intensa al sol, explicada por la transferencia de  $K^+$  del líquido intracelular al líquido extracelular. Por otra parte, un aumento en las concentraciones de  $Cl^-$  en sangre en animales expuestos a condiciones de estrés calórico es común y puede ocurrir como resultado de la deshidratación o la alcalosis respiratoria. El aumento del  $Cl^-$  deprime la excreción de  $H^+$  y la reabsorción de  $HCO_3^-$  por los riñones. Esto puede contribuir a la acidificación de la sangre y esta parece ser una respuesta apropiada a la alcalosis (Olanrewaju et al., 2007; Burtis y Ashwood, 1998). Las pérdidas de agua en la orina y heces podrían haber provocado una hemoconcentración mínima, lo que puede explicar el nivel más alto de  $Cl^-$  en animales SS en comparación con animales CS. Burtis y Ashwood (1998) mencionan que en animales bajo estrés calórico, la liberación de mineralocorticoides como la vasopresina que se produce en el núcleo supraóptico y el núcleo paraventricular del hipotálamo, provoca una reabsorción tubular de  $Na^+$  que conduce a un aumento en las concentraciones plasmáticas de este ion. De acuerdo con Ferreira et al. (2009), las pérdidas de  $Na^+$  no son iguales a las pérdidas de agua por medios evaporativos, lo que puede explicar por qué las concentraciones de  $Na^+$  no presentaron diferencias entre las corderas con y sin sombra. A pesar de las diferencias observadas entre las corderas con y sin sombra en  $K^+$  y  $Cl^-$ , los niveles de estos electrolitos sanguíneos de ambos grupos se encontraron dentro de los rangos de referencia para ovinos (Piccione et al., 2012), lo que indica que las condiciones ambientales no fueron suficientemente adversas para provocar deshidratación y/o cambios importantes en estos electrolitos en suero sanguíneo.

Al-Haidary et al. (2012) compararon el efecto del verano e invierno sobre electrolitos sanguíneos en ovinos raza Nadji en Arabia Saudita, encontrando que las concentraciones de  $\text{Na}^+$  en sangre fueron mayores en verano en relación con el invierno (159.51 vs 141.00 mmol/dL), respectivamente. Sin embargo, no encontraron diferencias en  $\text{K}^+$  y  $\text{Cl}^-$  (5.64 vs 6.00 mmol/dL y 116.15 vs 109.46 mmol/dL, respectivamente).

Ferreira et al. (2009) caracterizaron las respuestas hematológicas y bioquímicas en bovinos Gir x Holando alojados en cámaras climáticas en invierno y verano. Los animales presentaron un aumento de la concentración de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Cl}^-$  cuando se simularon las condiciones de estrés calórico ( $P < 0,05$ ). El aumento de estas variables fue más acentuado en el verano ( $P < 0.05$ ), y la concentración sérica de  $\text{K}^+$  fue constante entre estaciones ( $P > 0.05$ ). Piccione et al. (2012) realizaron un estudio para evaluar la concentración sérica de algunos electrolitos en ovejas y cabras durante 12 meses, encontrando que los valores séricos más altos de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  se presentaron a principios del verano.

Alhidary et al. (2012) realizaron un estudio con ovejas Merino Australianas de 9 meses de edad para investigar su tolerancia al calor y probar sus respuestas fisiológicas. Las ovejas fueron alojadas individualmente en cámaras ambientales y fueron sometidas a 2 d de condiciones termoneutrales (TNC) seguidas por 7 d de TNC (temperatura máxima de  $24^\circ\text{C}$ , temperatura mínima de  $16^\circ\text{C}$ ) o 7 d de condiciones calientes (temperatura máxima de  $38^\circ\text{C}$ , temperatura mínima de  $28^\circ\text{C}$ ) y luego 2 d de TNC. Las ovejas expuestas a condiciones de calor y termoneutrales no presentaron cambios en la concentración sérica de  $\text{K}^+$  ni  $\text{Na}^+$ .

Wojtas et al. (2013) evaluaron el efecto del estrés calórico sobre los cambios en el equilibrio ácido-base en ovejas Merino de Polonia. Quince ovejas fueron expuestas a condiciones de alta temperatura ( $30^\circ\text{C}$ ) con el fin de inducir estrés por calor. Durante el experimento, las ovejas presentaron alcalosis respiratoria, sin embargo, los niveles séricos de  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  no presentaron cambios.

Wojtas et al. (2014) examinaron los parámetros bioquímicos y sanguíneos de ovejas Merino alojadas en cámaras climáticas y expuestas a temperatura alta (30 ° C). Luego, se indujo el movimiento del aire para examinar su efecto calmante sobre el estrés por calor. El movimiento de aire ayudo a las ovejas a mitigar el estrés térmico y provoco un aumento significativo en las concentraciones de  $\text{Cl}^-$  de 98.16 a 109.44 mmol / L y de  $\text{K}^+$  de 4.11 a 4.47 mmol / L en comparación a la primera etapa sin viento.

Okourwa (2014) realizo un estudio para investigar el efecto del estrés por calor en la termorregulación y respuestas fisiológicas de las cabras West African enanas. Veinticuatro cabras con edades comprendidas entre 8 y 9 meses fueron asignadas a tres grupos (T1, T2 y T3). Las cabras T1 fueron confinadas en sus corrales durante todo el estudio. Las cabras T2 fueron expuestas al sol de 8:00 a.m. a 1:00 p.m. todos los días, mientras que las cabras T3 fueron expuestas entre 1:00 y 6:00 p.m. todos los días. Los niveles de  $\text{Na}^+$  (104.35 mmol / l) y  $\text{K}^+$  (6.22 mmol / L) fueron significativamente más altos en T3. El autor sugiere que el aumento en el  $\text{Na}^+$  puede deberse a la deshidratación que se ha informado que ocurre como resultado del aumento de la frecuencia respiratoria (Erickson y Poole, 2006) y el aumento en  $\text{K}^+$  en suero en T3 podría deberse a la activación inducida por estrés de la secreción cortical y la consiguiente estimulación de gluconeogénesis y  $\text{K}^+$  con inhibición de la captación y utilización de glucosa celular (Marai et al., 2007).

Abdel-Fattah (2014) realizó un estudio en donde comparo las concentraciones de electrolitos en plasma ( $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ ) de dos razas de cabra (Balady y Damasco) expuestas a radiación solar directa durante la temporada de verano. Las concentraciones plasmáticas de  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  se midieron ante de la exposición a la radiación solar directa, observando que la raza Damasco (147.76 y 4.94 mEq / L) presento los mayores promedios en comparación con la raza Balady (137.58 y 4.5 ± mEq / L) para las concentraciones de  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ , respectivamente. Sin embargo, una vez que ambos grupos fueron expuestos a la radiación solar directa, ambas razas aumentaron significativamente la concentración plasmática de  $\text{Na}^+$  después de 4 días de estrés por calor. La raza Balady mostró el mayor aumento (12.25%) en comparación con Damasco (3.98%). Por otro lado, no se produjo ningún cambio en la concentración plasmática de

K<sup>+</sup> de la raza Balady, mientras que Damasco disminuyó la concentración plasmática de K<sup>+</sup>.

Macías-Cruz et al. (2016) evaluaron el efecto del estrés térmico estacional (primavera vs. verano) en ovejas primíparas Dorper × Pelibuey sobre las respuestas fisiológicas y metabólicas en condiciones de producción en la misma región árida y del presente estudio, observando una disminución en los niveles de Cl<sup>-</sup> durante la época de verano y un incremento en los niveles de Na<sup>+</sup> en comparación con la época de primavera. Sin embargo, Macías-Cruz et al. (2016) mencionan que los valores de los electrolitos sanguíneos se encontraron dentro del rango normal, por lo que no existió evidencia de deshidratación.

Cwynar et al. (2014) realizaron un estudio para determinar las respuestas de ovejas Merino polacas a tres condiciones térmicas: termoneutral (16.5 ° C, grupo I), estrés térmico leve (30 ° C, grupo II) y estrés térmico severo (50 ° C, grupo III), observando un aumento significativo en el contenido de K<sup>+</sup> en el grupo III en comparación con los demás grupos. Cwynar et al. (2014) sugiere que los resultados en K<sup>+</sup> y otros componentes sanguíneos son resultado del agotamiento por el estrés térmico que sufrieron los animales, sin ningún esfuerzo físico para proporcionar equilibrio térmico en el organismo.

## **5.8. Parámetros hematológicos**

Las respuestas fisiológicas, hematológicas y bioquímicas son el medio por el cual los animales se adaptan a las diferentes condiciones ambientales (Bhan et al., 2012). En el presente estudio se observó un aumento en la concentración de hemoglobina en corderas SS en comparación con las CS. Un aumento significativo en hemoglobina se puede atribuir a la deshidratación severa durante el estrés térmico en ovejas (Sejian et al., 2010). Sin embargo, los niveles de Hb del presente estudio estuvieron dentro del rango de referencia (Jain, 1993). Los niveles de hemoglobina encontrados podrían deberse a una mayor liberación de radicales libres en la membrana de los glóbulos rojos, que es rica en contenido de lípidos y lisis final de glóbulos rojos o disponibilidad adecuada de nutrientes para la síntesis de hemoglobina (Srikandakumar et al., 2003;

Gupta et al., 2013; Rana et al., 2014). Otra explicación para el aumento en la concentración de hemoglobina en el grupo SS es que, en situaciones estresantes, este componente sanguíneo transporta oxígeno de los pulmones a diferentes tejidos, por lo que su concentración aumenta para hacer frente a la circulación de oxígeno durante el jadeo en ovinos estresados (Correa et al., 2012; Okourwa, 2014, 2015). Además, es importante notar que los resultados más altos de hemoglobina en el grupo SS coinciden con un aumento significativo en la FR en este mismo grupo en comparación con el grupo CS. En el presente estudio se observó que conforme avanzaban los días de muestreo la Hb disminuía, probablemente un periodo más largo de exposición a estrés calórico se hubieran observado niveles más bajos de Hb

Los valores de CCMH en el grupo SS y el CS fueron similares, además de que resultaron ligeramente menores que los valores de referencia (31 - 34 g/dL) reportados por Jain (1993). Generalmente los valores de CCMH, aun en las deficiencias de hierro se encuentran dentro del intervalo de referencia. Este resultado en CCMH puede deberse a un mayor número de células grandes inmaduras como los reticulocitos que presentan una menor concentración de hemoglobina que los eritrocitos (Thrall, 2007). Es posible que la reducción de los componentes sanguíneos HCM, VCM, ADTP, ADE y PCT en corderos SS en comparación con el grupo CS pueda deberse al efecto de hemodilución, donde el sistema circulatorio transporta más agua para ayudar al enfriamiento por evaporación. Además, el mayor flujo sanguíneo puede aumentar la circulación celular (Ei-Nouty, 1990). Esto coincidió con un mayor consumo de agua en el grupo SS en comparación con el grupo CS.

Al-Haidary (2004) evaluó la concentración de Hb y otros parámetros sanguíneos en ovejas Naimey bajo estrés térmico en cámaras con condiciones controladas. Un grupo fue expuesto a condiciones termoneutrales y otro grupo fue sometido a estrés calórico, resultando que no hubo efecto del estrés térmico sobre la concentración de Hb.

Alhidary y Abdelrahman (2016) realizaron un estudio para evaluar los efectos de la suplementación oral de naringina sobre el estado antioxidante y la respuesta inmune en corderos Awassi bajo condiciones de estrés calórico. No hubo diferencia en los

parámetros sanguíneos (globulos rojos, hemoglobina, hematocrito, VCM, HCM, plaquetas y CCMH) entre el grupo testigo y los grupos tratados con naringina.

Seixas et al. (2017) evaluaron la tolerancia al calor y los parámetros hematológicos en las razas ovinas Santa Inés y Morada Nova. La Gr, Hb, Plt, VCM, HCM fueron influenciados por el sexo, teniendo los machos valores más elevados que las hembras. Los parámetros hematológicos RBC, HB, PLAT, MCV, MCHC, MCH, fueron influenciados por la raza. Los animales Santa Inés eran más grandes y tuvieron valores de HB y MCHC más altos.

Rana et al. (2014) en ovejas y Alam et al. (2011) en cabras, realizaron estudios para evaluar el efecto del estrés por calor en los parámetros sanguíneos. En ambos experimentos, los animales se dividieron en tres grupos: cero (T0), cuatro (T4) y ocho horas (T8) de exposición al calor a la luz solar directa. Tanto en ovejas como en cabras se observó que la cantidad de Gr y Hb fue mayor en el grupo de 8 h que en el grupo sin exposición respectivamente. Este aumento de los niveles de hemoglobina y PCV podría deberse al aumento del ataque de radicales libres en la membrana RBC, que es rico en contenido lipídico, a la lisis final de RBC o a la disponibilidad adecuada de nutrientes para la síntesis de hemoglobina a medida que el animal consume más alimento o disminuye ingesta voluntaria bajo estrés por calor.

Correa et al. (2012) estudiaron la tolerancia al calor en tres grupos genéticos de ovejas (Santa Inés - SI) y sus cruces con Texel (TxSI) e Ile de France (LxSI), para el estudio se utilizaron 18 machos y 18 hembras los cuales fueron sometidos a pruebas de tolerancia al calor en la región centro-oeste de Brasil. Las ovejas fueron evaluadas dos veces al día (por la mañana sin estrés térmico y por la tarde bajo condiciones estresantes). Se observó una mayor concentración de Hb en el grupo (TxSI) en relación con los demás grupos. Además, se observó que las corderas tenían una concentración de Hb más alta (9.3 g /dL) que los corderos (8.6 g / dL), lo que posiblemente indica una tolerancia menor. (TxSI) fue más susceptible al estrés por calor, Lo que explica valores más altos de Hb en respuesta a la necesidad de transportar una mayor cantidad de oxígeno durante el jadeo.

Attia (2016) estudió el efecto del estrés calórico sobre parámetros fisiológicos, hematológicos y bioquímicos exponiendo al calor 25 cabras por 30 d, después de un período inicial de sombreado de 7 d, mientras que otras 10 fueron expuestas al régimen de sombreado durante los 30 días completos como grupo testigo. El recuento de glóbulos rojos (RBC), la concentración de hemoglobina (Hb) y el volumen de células empaquetadas (PCV) se incrementaron significativamente en el grupo sin sombra en comparación con el grupo sombreado.

Indu et al. (2015) desarrollaron un modelo de estrés térmico simulado para ovejas bajo condiciones ambientales naturales y para observar su impacto en metabolitos sanguíneos y respuestas endocrinas de ovejas Malpura. El experimento se realizó en ovejas adultas durante un período de 35 d que se dividieron en 8 animales testigo y 8 estresadas por calor. La Hb fue significativamente más alta en ovejas bajo estrés térmico en comparación con el grupo control. El aumento de Hb y PCV se atribuyó a la deshidratación severa durante el estrés térmico en estas ovejas.

## **5.9. Metabolitos sanguíneos**

Según Kaneko (2008), los niveles normales de glucosa en suero sanguíneo para ovejas se encuentran entre 50 y 80 mg/dl. En el presente estudio, las concentraciones de glucosa en el grupo SS fueron ligeramente más altas que el rango de referencia (82.78 mg/dL), sin embargo, el grupo CS presentó una concentración de 77.04 mg/dL, el cual se encuentra dentro del rango de referencia para ovejas, a pesar de que no hubo diferencias entre los dos grupos. Nuestros resultados coinciden con los de Alhidary et al. (2012), quienes no encontraron diferencias en las concentraciones de glucosa entre un grupo expuesto a condiciones termoneutrales y un grupo expuesto a condiciones de estrés calórico, ambos en cámaras climáticas. Por el contrario, Okourwa (2015) encontró un aumento en las concentraciones de glucosa en ovejas de pelaje oscuro en comparación con ovejas de pelaje claro en condiciones cálidas. No obstante, Nazifi et al. (2003) informaron de una disminución en las concentraciones de glucosa en plasma en ovejas iraníes cuando fueron expuestas a 40°C.

En el presente estudio, las concentraciones de colesterol y triglicéridos fueron mayores en el grupo SS en comparación con el grupo CS (61.39 y 49.37 mg/dL vs 50.20 y 44.78 mg/dL, respectivamente). Sin embargo, las concentraciones de estos dos metabolitos se encuentran dentro del rango de referencia (40 a 140 mg/dl para triglicéridos y 40 a 100 mg/dL para colesterol; (Kaneko, 2008). La cantidad de agua ingerida influye en las concentraciones triglicéridos y colesterol, ya que un aumento de estos metabolitos fue observado por Casamassima et al. (2008) cuando restringió el consumo de agua durante 40 d en ovejas raza Comisana. Por otro lado, un elevado consumo de agua puede causar una concentración menor de estos metabolitos sanguíneos por hemodilución. Sin embargo, Rasooli et al. (2004) mencionan que puede haber una disminución en los niveles de colesterol como una alternativa a altas demandas de energía cuando los niveles de glucosa plasmática disminuyen. Asimismo, Okourwa (2015) observó una marcada disminución en la concentración de colesterol en ovejas de color negro, probablemente podría deberse a la disminución en la concentración de acetato, que es el principal precursor de la síntesis de colesterol. Alhidary et al. (2012) no encontraron diferencias en las concentraciones de colesterol entre un grupo expuesto a condiciones termoneutrales en relación con un grupo expuesto a condiciones de estrés calórico. Por otro lado, Sejian et al. (2013) observaron un aumento en las concentraciones colesterol en sangre de ovejas Malpura expuestas a 42°C en comparación con un grupo control expuesto a condiciones termoneutrales y otros dos grupos expuestos a 23 y 40°C, respectivamente.

Es importante mencionar que proporcionar sombras con acceso a ventilación, altura, orientación y material adecuado es importante, ya que durante condiciones de estrés calórico severo en regiones áridas puede resultar una buena alternativa para mitigar el estrés por calor en la etapa de crecimiento de corderas de pelo.

## **VI. CONCLUSIONES**

A pesar de que por periodos se observó mayor consumo de alimento en ovejas con sombra, la ganancia diaria de peso y total, así como la eficiencia alimenticia y el consumo de alimento en el periodo completo fueron prácticamente los mismos en corderas con y sin sombra. No obstante, el consumo de agua fue mayor en corderas sin sombra, respuesta que representa un ajuste fisiológico para reducir el grado de estrés por calor en estas condiciones. En las horas cálidas del día, la sombra produjo menor temperatura rectal y frecuencia respiratoria, sin embargo, por la mañana, las corderas sin sombra experimentaron menos estrés, hecho que se atribuyó a que las ovejas con sombra permanente no pudieron eliminar calor por radiación durante las horas frescas (noche y madrugada).

Los componentes sanguíneos, metabolitos y electrolitos presentaron ligeras diferencias con y sin sombra, sin embargo, no hubo diferencias importantes que señalar, ya que los promedios se encontraron dentro de los rangos normales que indica la literatura.

Aunque el periodo experimental fue corto (16 d), la capacidad termorreguladora de ovejas de pelo quedó demostrada al sacrificar su comportamiento productivo para tratar de mantener su homeostasis bajo condiciones de estrés calórico severo. Esta especie

logra adaptarse a condiciones climáticas áridas al mantener su perfil bioquímico dentro de rangos de referencia. Sin embargo, quizás un periodo más largo de estrés calórico severo hubiera provocado cambios más significativos en estos parámetros.

## VII. LITERATURA CITADA

- Abdel-Fattah, M. S. 2014. Changes in body fluids and plasma electrolytes (Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup>) concentrations of Balady and Damascus goats exposed to heat stress in desert of Sinai, Egypt. *World Appl. Sci. J.* 30: 534-542.
- Abdel-Hafez, M. A. M. 2002. Studies on the reproductive performance in sheep. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture, Zagazig University, Zagazig, Egypt.
- Abdel-Samee, A.M. 1991. Detection of heat adaptability of growing lambs in subtropics. *Zagazig Vet. J.* 19: 719-731.
- Abdel-Samee, A. M., O. Abd-Alla, S. El-Adawy. 2008. Nutritional treatments for alleviation of heat stress in Awassi sheep using acacia and olive pulp in subtropics. *Egypt. J. Comp. Path. & Clinic. Path.* 21: 466-477.
- Aboul-Naga, A. I. 1983. The role of heat induced physiological changes of minerals metabolism in the heat stress syndrome in cattle. M. Sc. Thesis. Faculty of Agriculture, Mansoura University, Egypt.

- Alam, M. M., M. A. Hashem, M. M. Rahman, M. M. Hossain, M. R. Haque. 2011. Effect of heat stress on behavior, physiological and blood parameters of goat. *Progress Agric.* 22: 37-45.
- Al-Haidary, A.A. 2004. Physiological responses of Naimey sheep to heat stress challenge under semi-arid environments. *Int. J. Agr. Biol.* 2: 307-309.
- Al-Haidary, A. A., R. S. Aljumaah, M. A. Alshaikh, K. A. Abdoun, E. M. Samara, A. B. Okab, M. M. Alfuraiji. 2012. Thermoregulatory and physiological responses of Najdi sheep to environmental heat load prevailing in Saudi Arabia. *Pak. Vet. J.* 32: 515-519.
- Alhidary, I.A., M.M. Abdelrahman. 2016. Effect of narginin supplementation on productive performance, antioxidant status and immune response in heat-stressed lambs. *Small Ruminant Res.* 138:31-36
- Alhidary, I. A., S. Shini, R. A. M. Al Jassim, J. B. Gaughan. 2012. Physiological responses of Australian Merino wethers exposed to high heat load. *J. Anim. Sci.* 90: 212-220.
- Al-Samawi, K. A., M. J. Al-Hassan, A. A. Swelum. 2014. Thermoregulation of female aardi goats exposed to environmental heat stress in Saudi Arabia. *Indian J. Anim. Res.*, 48: 344-349.
- Al-Tamimi, H. J. 2007. Thermoregulatory response of goat kids subjected to heat stress. *Small Ruminant Res.* 71: 280-285.
- Alvarado, S. 1998. Estrategias de alimentación en confinamiento para novillas de levante doble propósito, durante la época seca, utilizando ensilaje de maíz más suplemento energético proteico. Tesis. MVZ Veterinaria Universidad de Córdoba, Montería.
- Ames, D.R., D.E. Ray. 1983. Environmental manipulation to improve animal productivity. *J. Anim. Sci.* 57: 209-220.

- Andrade, I. S., B. B. Souza, J. M. Filho, A. M. Silva. 2007. Parâmetros fisiológicos e desempenho de ovinos Santa Inês submetidos a diferentes tipos de sombreamento e a suplementação em pastejo. *Ciênc. Agrotec.* 31: 540-547
- Arias, R. A., T. L. Mader, P. Escobar. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Arch. Med. Vet.* 40: 7-22.
- Arteaga, C. J. D. 2006. Situación de la ovinocultura y sus perspectivas. Memorias Primera semana nacional de ovinocultura. Hidalgo, México. Pp 610-623. Consultado el 22 de Diciembre de 2016 <http://spo.uno.org.mx/wp-content/uploads/informe2013/noroeste/situacionactualdelaproducciondeovinosnl051113.pdf>
- Arteaga, C. J. D. 2008. Situación Actual de la Ovinocultura en México. AMCO. II Foro de Rentabilidad Ovina. Consultado el 22 de Diciembre de 2016 en <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Documents/MANUALES%20INIFAP/Manual%20Producci%C3%B3n%20de%20Carne%20Ovina.pdf>
- Arteaga, C. J. D. 2012. Mensaje institucional en el acto Inaugural del VII Foro Ovino del Estado de México. INIFAP. ICAMEX. Consultado el 23 de Diciembre de 2016 en <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Documents/MANUALES%20INIFAP/Manual%20Producci%C3%B3n%20de%20Carne%20Ovina.pdf>
- Ashutosh, O.P. Dhanda, R. L. Kundu. 2001. Efect of climate on the seasonal endocrine profile of native and crossbred sheep under semi-arid conditions. *Trop. Anim. Health Prod.* 33: 241-252.
- Attia, N. E. S. 2016. Physiological, hematological and biochemical alterations in heat stressed goats. *Benha Vet. Med. J.* 31: 56-62.
- Avendaño Reyes, L., F. D. Álvarez-Valenzuela, S. Saucedo-Quintana, A. Correa-Calderón, L. Molina-Ramirez, F.J. Cisneros. 2004. Assessment of some productive traits of the pelibuey sheep in northwest México. *Cuban J. Agr. Sci.* 38: 129-134.

- Avendaño-Reyes, L., Álvarez, F. D., Correa, A., Torrentera, N.G., Torres, V., D.E. Ray. 2011. Frecuencia de alimentación e iluminación nocturna y productividad de vaquillas para engorda en verano. Arch. Zoot. 60: 1-8.
- Avendaño-Reyes, L., F. D. Alvarez-Valenzuela, A. Correa-Calderón, J. S. Saucedo-Quintero, P. H. Robinson, J. G. Fadel. 2006. Effect of cooling Holstein cows during the dry period on postpartum performance under heat stress conditions. Livest. Sci. 105: 198-206.
- Avendaño-Reyes, L., Fuquay, J. W., Moore, R. B., Liu, Z., Clark, B. L., Vierhout, C. 2010. Relationship between accumulated heat stress during the dry period, body condition score, and reproduction parameters of Holstein cows in tropical conditions. Trop. Anim. Health Prod., 42: 265-273.
- Baeta, F.C., C.F. Souza. 2010. Ambiência em edificações rurais: conforto animal. Segunda ed. UFV. Univ. Fed. Vicosa, Vicosa, pp.269.
- Bahga, C. S., S. S. Sikka, S. Saijpal. 2009. Effect of seasonal stress on growth rate and serum enzyme levels in young crossbred calves. Indian J. Anim. Res. 43: 288-290.
- Baumgard, L. H., and R. P. Rhoads. 2012. Ruminant Nutrition Symposium: Ruminant production and metabolic responses to heat stress. J. Anim. Sci. 90: 1855-1865.
- Baumgard, L. H., Rhoads, R. P., Jr., 2013. Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. Annu. Rev. Anim. Biosci. 1: 311-337.
- Beatty, D. T., A. Barnes, E. Taylor, D. Pethick, M. McCarthy, S. K. Maloney. 2006. Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity. J. Anim. Sci. 84: 972-985.
- Beede, D. K., R. J. Collier. 1986. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. J. Anim. Sci. 62: 543-554.
- Berger, Y., P. Billon, F. Bocquier, G. Caja, A. Cannas, B. McKusick, PG. Marnet, D. Thomas. 2004. Principles of sheep dairying in North America. Cooperative Extension Publishing, A3767. University of Wisconsin-Madison, USA, 156 pp.

- Bernabucci, U., N. Lacetera, L. H. Baumgard, R. P. Rhoads, B. Ronchi, A. Nardone. 2010. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *J. Anim. Sci.* 4: 1167-1183.
- Berra, G., L. Finster. 2002. Emisión de gases de efecto invernadero: la influencia de la ganadería argentina. *Cadena de la Carne Vacuna, Tecnologías para nuevos escenarios, IDIA.* 21: 212-215.
- Betancourt, K., M. Ibrahim, C. Harvey, B. Vargas. 2003. Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas,* 47: 39-40.
- Betancur, H. C., Martínez Y., Vergara, G. O. 2012. Concentración de macrominerales séricos y hematocrito en bovinos durante dos épocas del año en Montería, Colombia. *Rev. Electrón. Vet.* 13: 1695-7504.
- Bhan, C., S. V. Singh, O. K. Hooda, R. C. Upadhyay, Beenam, M. Vaidya. 2012. Influence of temperature variability on physiological, hematological and biochemical profile of growing and adult sahiwal cattle. *J. Environment. Res. Develop.* 7: 986-984.
- Birgel, Jr., E. H., J. L. D'Angelino, F. J. Benesi, E. H. Birgel. 2001. Valores de referência do eritrograma de bovinos da raça Jersey criados no estado de São Paulo. *Arq. Bras. Med. Vet. Zoo,* 53.
- Brasil, L.H.A., F. S. Wechesler, F. Baccari Jr. 2000. Efeito do estresse térmico sobre a produção, composição química do leite e respostas termorreguladoras de cabras da raça Alpina. *Rev. Bras. Zootec.* 29: 1632-1641.
- Brown-Brandl, T. M., R. A. Eigenberg, J. A. Nienaber. 2006. Heat stress risk factors of feedlot heifers. *Liv. Sci.* 105: 57-68.
- Burtis, C.A., E. R. Ashwood. 1998. *Fundamentos de Química Clínica.* 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 836p.
- Cain III, J. W., P. R. Krausman, S. S. Rosenstock, J. C. Turner. 2006. Thermoregulation and water balance in desert ungulates. *Wildl. Soc. Bull.* 34: 570-581.

- Casamassima, D., R. Pizzo, M. Palazzo, A. G. D' Alessandro, G. Martemucci. 2008. Effect of water restriction on productive performance and blood parameters in Comisana sheep reared under intensive condition. *Small Ruminant Res.* 78: 169-175.
- Cezar, M. F., B. B. Souza, W. H. Souza. 2004. Avaliação de parâmetros fisiológicos de Ovinos Dorper, Santa Inês e seus Mestiços perante condições climáticas do trópico semi-árido nordestino. *Ciênc. Agrotec.* 28: 614-620.
- Chedid, M., L. S. Jaber, S. Giger-Reverdin, C. Duvaux-Ponter, S. K. Hamadeh. 2014. Review: Water stress in sheep raised under arid conditions. *Can. J. Anim. Sci.* 94: 243-257.
- Cissik, J. H., W. J. Ehler, G. D. Hankins, R. R. Snyder. 1991. Cardiopulmonary reference standards in the pregnant sheep (*Ovis aries*): A comparative study of ovine and human physiology in obstetrics. *Comp. Biochem. Phys.* 4: 877-880.
- Coles, E. H., 1984. *Patologia Clínica Veterinária*, 3rd ed. Manole, São Paulo, 565 p.
- Collier, R. J., G. E. Dahl, M. J. VanBaale. 2006. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89: 1244-1253.
- Cornell University. 2013. *Clinical Chemistry Basics*. College of Veterinary Medicine. <https://ahdc.vet.cornell.edu/clinpath/modules/chem/chempan1.htm>. Consultado el 20 de Julio de 2017.
- Correa, M. P. C., M. T. Cardoso, M. Castanheira, A. V. Landim, B. S. L. Dallago, H. Louvandini, C. McManus. 2012. Heat tolerance in three genetic groups of lambs in central Brazil. *Small Ruminant Res.* 104: 70-77
- Correa-Calderón, A., V. Yáñez, F. Verdugo, L. Avendaño-Reyes. 2004. Efecto de un sistema de enfriamiento a espacio abierto en la eficiencia productiva de novillos Holstein durante el verano. *Interciencia.* 29: 86-88.
- Costa, W. P., D. A. E Facanha, J. H. G. M Leite, R.C.B Silva, C.H. Souza, D.F Chaves, A.M. Vasconcelos, B. Soto-Blanco, A. M. Vale, E. C. Pimenta Filho. 2015. Thermoregulatory responses and blood parameters of locally adapted

ewes under natural weather conditions of Brazilian semiarid region. *Cienc. Agrar.* 36: 4589-4600.

Cunningham, J.G. 2014. *Fisiología Veterinaria*. (5ta edición). Ed. Elsevier. México, D.F.

Cwynar, P., R. Kolacz, A. Czerski. 2014. Effect of heat stress on physiological parameters and blood composition in Polish Merino rams. *Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr.* 127: 177-182.

Dangi, S.S., M. Gupta, D. Maurya, V.P. Yadav, R.P. Panda, G. Singh, N.H. Mohan, S.K. Bhure, B.C. Das, S. Bag, R.K. Mahapatra, M. Sarkar. 2012. Expression profile of HSP genes during different seasons in goats (*Capra hircus*). *Trop. Anim. Health Prod.* 44: 1905-1912.

Daramola, J. O., M. O. Abioja, O. M. Onagbesan. 2012. Heat stress impact on livestock production. In: *Environmental stress and amelioration in livestock production*. Eds V. Sejian, S. M. K. Naqvi, T. Ezeji, J. Lakritz, R. Lal, pp. 53-73. Springer-Verlag GmbH Publisher: Heidelberg, Germany.

De Lucas, T. J., Arbiza A. S. 2006. Situación y perspectivas, la producción de carne ovina en México. *Bayvet*, 21: 22-28.

De, K., D. Kumar, A. K. Singh, A. Sahoo, S. M. K. Naqvi. 2014. Seasonal variation of physiological response in ewes of farmers' flocks under semi-arid tropical environment. *Biol. Rhythm. Res.* 45: 397-405.

De, K., D. Kumar, V. K. Saxena, P. Thirumurugan, S. M. K. Naqvi. 2017. Effect of high ambient temperature on behavior of sheep under semi-arid tropical environment. *Int. J. Biometeorol.* 61: 1269-1277.

Delfino, L. J. B., B. B. Souza, R. M. N. Silva, W. W. Silva. 2012. Efeito do estresse calórico sobre o eritrograma de ruminantes. *Agropec. Cien. Semiárido.* 8: 1-7.

Denek, N., A. Can, S. Tufenk, K. Yazgan, H. Ipek, M. Iriadam. 2006. The effect of heat load on nutrient utilization and blood parameters of Awassi ram lambs fed different types and levels of forages. *Small Ruminant Res.* 63: 156-161.

- Devendra, C. 1987. Goats. Ed. Johnson H.P. In: Bioclimatology and the Adaptation of Livestock. Elsevier Publication Holland. pp. 16-77.
- Du Preez, J. H., W. H. Giesecke, P. J. Hatingh. 1990. Heat stresses in dairy cattle and other livestock under Southern African conditions. I. Temperature-humidity index mean values during the four main seasons. Onderstepoort J. Vet. Res. 57: 77-86.
- Dwyer, C.M. 2008. Environment and the sheep: Breed adaptations and welfare implications. C. M. Dwyer, ed. The Welfare of Sheep. Springer-Verlag, Berlin, Germany. Pg. 41-79
- Ei-Nouty, F., Al-Haidary A. 1990. Seasonal variations in hematological values of high- and average-yielding Holstein cattle in semi-arid environment. J. King Saud. Univ. 2: 173-82.
- Erickson, H. H., D. C. Poole. 2006. Fisiologia do exercício. In: Reece, W. O. Dukes Fisiologia dos Animais Domésticos. 12 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- ESGPIP, 2009. Shelters and housing for sheep and goats. Technical bulletin No.32. Ethiopia Sheep and Goat Productivity Improvement Program. Ethiopia.
- FAO. 2006. Las repercusiones del Ganado en el medio ambiente. <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0612sp1.htm>. Consultado 10 de octubre de 2016.
- FAO. 2008. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Perspectivas alimentarias, análisis del mercado mundial <http://www.fao.org/docrep/011/ai466s/ai466s08.htm>. Consultado 10 de octubre de 2016.
- FAO. 2009. Presentation CMNUCC AWG LCA, Enabling agriculture to contribute to climate change (disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/2008/smsn/igo/036.pdf>). Consultado 12 de octubre de 2016.

- FAO. 2010. Evolución mundial del consumo de carne. [http://www.3tres3.com/buscando/fao-evolucion-mundial-delconsumo-de-carne\\_30869/](http://www.3tres3.com/buscando/fao-evolucion-mundial-delconsumo-de-carne_30869/). Consultado 12 de octubre de 2016.
- FAO. 2012. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Fuentes de carne [http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr\\_sources.html](http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr_sources.html). Consultado 10 de octubre de 2016.
- FAOSTAT. 2008. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. Producción, Consumo, Comercio. <http://faostat.fao.org>
- Ferreira, F., W. E. Campos, A. U. Carvalho, M. F. A. Pires, M. L. Martinez, M. V. G. B. Silva, R. S. Verneque, P. F. Silva. 2009. Taxa de sudação e parâmetros histológicos de bovinos submetidos ao estresse calórico. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 61: 763-768.
- Financiera Rural. 2016. Panorama de la carne y lana de ovino <http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Ficha%20Ovino.pdf>\_Consultado 12 de octubre de 2016.
- Flemenbaum, I. 1997. Prácticas de reducción del estrés térmico. Agua y aire es todo el secreto. *Agrotecnología en Israel*. Pp.199-210.
- Fuquay, J. W. 1981. Heat stress as is affects animal production. *J. Anim. Sci.* 52: 64-174.
- Gadberry, M., T. Denard, D. Spiers, E. Piper. 2003. Effects of feeding ergovaline on lamb performance in a heat stress environment. *J. Anim. Sci.* 81: 1538-1545.
- García-Cueto, O. R., M. A. Tejeda, E. Jáuregui. 2010. Heat waves and heat days in an arid city in the northwest of Mexico: current trends and in climate change scenarios. *Int. J. Biometeorol.* 54: 335-345.
- García-López, R., Y. Bacallao. 2010. Influencia de la concentración de urea en plasma en la gestación y componentes lácteos para las condiciones del trópico. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 44: 19-21.

- Gaughan, J. B., N. Lacetera, S. E. Valtorta, H. H. Khalifa, L. Hahn G. L., T. Mader. 2009. Response of domestic animals to climate challenges. In: K. L. Ebi, I. Burton and G. R. McGregor ed., *Biometeorology of Adaptation to Climate Variability and Change*. Springer Sci. Heidelberg, Germany. pp. 131-170.
- Ghassemi Nejad, J., J. D. Lohakare, J. W. West, K. I. Sung. 2014. Effects of water restriction after feeding during heat stress on nutrient digestibility, nitrogen balance, blood profile and characteristics in Corriedale ewes. *Anim. Feed Sci. Technol.* 193: 1-8.
- Gudev, D., S. Popova-Ralcheva, P. Moneva, Y. Aleksiev, T. Peeva, Y. Ilieva, P. Penchev. 2007. Effect of heat stress on some physiological and biochemical parameters in buffaloes. *Ital. J. Anim. Sci.* 6: 1325-1328.
- Gupta, M., S. Kumar, S. S. Dangji, B. L. Jangir. 2013. Physiological, biochemical and molecular responses to thermal stress in goats, *Int. J. of Livest. Res.* 3: 8-11.
- Habeeb, A. A. M., I. F. M. Marai, T. H. Kamal. 1992. Heat stress. In: Phillips, C. and Piggins, D. (Eds.), *Farm Animals and the Environment*, CAB International, Wallingford, UK, pp. 27-47.
- Habeeb, A. A. M., K. M. EL-Masry, A. I. Aboul-naga, T. H. Kamal. 1996. The effect of hot summer climate and level of milk yield on blood biochemistry and circulating thyroid and progesterone hormones in Friesian cows. *Arab. J. Nuclear Sci. Applic.* 29: 161-173.
- Hafez, E. S. E. 1991. *Reproduction in Farm Animals*, Fifth ed. LEA &Febiger, Philadelphia.
- Hahn, G. L. 1985. Management and housing of farm animals in hot environments. Pages 151-174 in *Stress Physiology in Livestock*. Vol. II, Ungulates. M. K. Yousef, ed. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Hahn, G. L., T. L. Mader, R. A. Eigenberg. 2003. Perspectives on development of thermal indices for animal studies and management. *Proc Symp Interactions between climate and animal production*, EAAP Technical series N° 7, pp 31-44.

- Hamzaoui, S., A. A. K. Salama, E. Albanell, X. Such, G. Caja. 2013. Physiological responses and lactation performances of late-lactation dairy goats under heat stress conditions. *J. Dairy Sci.* 96: 6355-6365.
- Hassanin, S. H., E. B. Abdalla, E. A. Kotby, A. M. S. Abd-Elaziz, M. A. El-Fouly. 1996. Efficiency of asbestos shading for growth of Barki rams during hot summer. *Small Ruminant Res.* 20: 199-203.
- Helal, A., A. L. S. Hashem, M. S. Abdel-Fattah, H. M. El-Shaer. 2010. Effects of heat stress on coat characteristics and physiological responses of Balady and Damascus goats in Sinai, Egypt. *American-Eurasian J. Agric. and Environ. Sci.* 7: 60-69.
- Hoberg, E. P., D.R. Brooks. 2008. A macroevolutionary mosaic: episodic host-switching, geographic colonization, and diversification in complex host–parasite systems. *J. Biogeogr.* 35: 1533-1550.
- Hoffman, D. E., M. F. Spire, J. R. Schwenke, J. A. Unruh. 1998. Distance transported to a commercial slaughter facility on carcass bruises in mature beef cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 212: 668-72.
- Hopkins, P. S., C. J. Nolan, P. M. Pepper. 1980. The effects of heat stress on the development of the foetal lamb. *Aust. J. Agr. Res.* 31: 763-771.
- Hosam, J., A. Tamimi. 2007. Thermoregulatory response of goat kids subjected to heat stress. *Small Ruminant Res.* 71: 280-285.
- Indu, S., V. Sejian, S. M. K. Naqvi. 2015. Impact of simulated heat stress on growth, physiological adaptability, blood metabolites and endocrine responses in Malpura ewes under semiarid tropical environment. *Anim. Prod. Sci.* 55: 767-776
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* (Eds.) B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer. Chapter 8 Agriculture, pp 498-540. Cambridge University Press.

- IPCC. 2013. "Summary for Policymakers", Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working group to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, eds T. F. Stocker y otros, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., Cambridge University Press.
- Ittner, N. R., C. F. Kelly. 1951. Cattle shades. *J. Anim. Sci.* 10: 184-194.
- Jain, N. C. 1993. *Essentials of Veterinary Hematology*. Lea and Febiger, Philadelphia, 417 p.
- Johnson, H. D. 1980. Enviromental management of cattle to minimize the strees of climatic changes. *Int. J. Biometeorol.* 24: 65-78.
- Johnson, H. D., L. Hahn, D. E. Buffington. 1975. Animal Husbandry. In: *Impacts of Climatic Change on the Biosphere*. CIAP Monograph 5, Part 2, Climatic effects, pp 184-190.
- Johnson, K. G. 1991. Body temperatures and respiratory rates of free-ranging merino sheep in and out of shade during summer. *Aust. J. Agric. Res.* 42: 1347-1357.
- Kadzere, C. T., M. R. Murphy, N. Silanikove, E. Maltz. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Liv. Prod. Sci.* 77: 59-91.
- Kamanga-Sollo, E., M. S. Pampusch, M. E. White, M. R. Hathaway, W. R. Dayton. 2011. Effects of heat stress on proliferation, protein turnover, and abundance of heat shock protein messenger ribonucleic acid in cultured porcine muscle satellite cells. *J. Anim. Sci.* 89: 3473-3480.
- Kaneko, J. J., J. W. Harvey, M. L. Bruss. 2008. *Clinical biochemistry of domestic animals*. 6th ed. San Diego: Academic Press. 928 p.
- Karaman, S., S. Tarhan, G. Ergunes. 2007. Analysis of indoor climatic data to assess the heat stress of laying hens. *Int. J. Eng. Sci.* 1: 65-68.
- Kim, M. H., J. Y. Yang, S. D. Upadhaya, H. J. Lee, C. H. Yun, J. K. Ha. 2011. The stress of weaning influences serum levels of acute phase protein, iron binding protein,

inflammatory cytokines, cortisol and leukocytes subsets of in Holstein calves. *J. Vet. Sci.* 12: 151-157.

Klemcke, H. J., J. A. Nienabr, G. L. Hahn. 1989. Plasma adrenocorticotrophic hormone and cortisol in pigs: Effects of time of day on basal and stressor-altered concentrations. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 190: 42-53.

Leach, R. M. 1979. Dietary electrolytes: story with many facets. *Feedstuffs* (April 30), p. 19.

Leibovich, H., A. Zenou, P. Seada, J. Miron. 2011. Effects of shearing, ambient cooling and feeding with by products as partial roughage replacement on milk yield and composition in Assaf sheep under heat-load conditions. *Small Ruminant Res.* 99: 153-159.

Leva, P. E., M. S. García, G. Fernández, G. Toffoli, C. Cernotto, J. Sosa, C. Boggero. 2014. Bienestar en sistemas de engorde de corderos: indicadores de fisiológicos y de comportamiento. *Rev. FAVE - Ciencias Agrarias.* 13: 1666-7719.

Liu, H. W., Y. Cao, D. W. Zhou. 2012. Effects of shade on welfare and meat quality of grazing sheep under high ambient temperature. *J. Anim. Sci.* 90: 4764-4770.

Macías, C. U., V. F. D. Álvarez, G. J. Rodríguez, C. A. Correa, O. N. G. Torrentera, R. L. Molina, L. Avendaño-Reyes. 2010. Crecimiento y características de canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin en confinamiento. *Arch. Med. Vet.* 42: 147-154.

Macías, C. U., F. D. Álvarez, C.A. Correa, M. R. Díaz, M. Mellado, H. C. Meza, L. Avendaño-Reyes. 2013. Thermoregulation of nutrient-restricted hair ewes subjected to heat stress during late pregnancy. *J. Therm. Biol.* 38: 1-9.

Macías, C. U., M. A. López, R. Vicente, A. Mejía, F. D. Alvarez, C. A. Correa, C. A. Meza, M. Mellado, L. E. Guerra, L. Avendaño-Reyes. 2016. Effects of seasonal ambient heat stress (spring vs. summer) on physiological and metabolic

variables in hair sheep located in an arid region. *Int. J. Biometeorol.* 60: 1279-1286.

Mader, T. L., M. S. Davis, T. Brown-Brandl. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 84: 712-719.

Magaña, V., D. Zermeño, C. Neri. 2012. Climate change scenarios and potential impacts on water availability in northern Mexico. *Clim. Res.* 51: 171-184.

Marai, I. F. M. and A. A. M. Haebe. 2010. Buffalo's biological functions as affected by heat stress- A review. *Livest. Prod. Sci.* 127: 89-109.

Marai, I. F. M., A. A. El-Darawany, A. Fadiel, M. A. M. Abdel-Hafez. 2008. Reproductive performance traits as affected by heat stress and its alleviation in sheep. *Trop. Subtrop. Agroecosist.* 8: 209-234.

Marai, I. F. M., A. A. El-Darawany, A. Fadiel, M. A. M. Abdel-Hafez. 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep—a review. *Small Ruminant Res.* 71: 1-12.

Marai, I. F. M., A. A. Habeeb, A. H. Daader, and H. M. Yousef. 1995. Effects of Egyptian subtropical summer conditions and the heat-stress alleviation technique of water spray and a diaphoretic on the growth and physiological functions of Friesian calves. *J. Arid Environ.* 30: 219-225.

Marai, I. F. M., L. B. Bahgat, T. H. Shalaby, M. A. Abdel-Hafez. 2000. Fattening performance, some behavioural traits and physiological reactions of male lamb fed concentrates mixture alone with or without natural clay, under hot summer of Egypt. *Ann. Arid Zone* 39: 449-460.

Marai, I. F. M., M. S. Ayyat, A. B. D. El-Monem. 2001. Growth performance and reproductive traits at first parity of New Zealand White female rabbits as affected by heat stress and its alleviation, under Egyptian conditions. *Trop. Anim. Health Prod.* 33: 457-462.

Martínez, G. S., O. J. Aguirre, G. J. Zepeda, C. R. Ulloa, M. R. Figueroa, C. H. Macías, F. L. A. Moreno. 2009. La ovinocultura de Nayarit, México. En: *Cavalloti VBA*,

Marcos ACF. Ganadería y Seguridad Alimentaria en Tiempo de Crisis. Chapingo, México, DF. pp. 305-309.

Martínez, R., R. D., L. A. Zarco Q., I. Rubio G., C. Cruz L., y J. Valencia M. 2001. Efecto de los implantes subcutáneos de melatonina y la suplementación alimentaria, sobre la inducción de la actividad ovárica en ovejas Pelibuey durante la época de anestro. *Vet. Méx.* 32: 237-247.

Martinez-Partida, J. A., L. Jiménez-Sánchez, J. G. Herrera-Haro, E. Valtierra- Pacheco, E. Sánchez-López, y M. C. López-Reyna. 2011. Ganadería ovino-caprina en el marco del programa de desarrollo rural en Baja California. *Universidad Cienc.* 27: 331-334.

Mccutcheon, J., R. Elimelech, Menachem. 2007. Modeling water flux in forward osmosis: Implications for improved membrane design. *AIChE J.* 53: 1736-1744.

McManus, C., L. C. B. Sasaki, C. M. Lucci. 2011. Skin and Coat traits in sheep in Brazil and their relation with heat tolerance. *Trop. Anim. Health Prod.* 43: 121-126.

Mengistu, U. L., R. Puchala, T. Sahlu, T. A. Gipson, L. J. Dawson, A. L. Goetsch. 2017. Conditions to evaluate differences among individual sheep and goats in resilience to high heat load index. *Small Ruminant Res.* 147: 89-95.

Merck Sharp and Dohme Corp. 2012. The merck veterinary manual. [http://www.merckmanuals.com/vet/clinical\\_pathology\\_and\\_procedures/diagnostic\\_procedures\\_for\\_the\\_private\\_practice\\_laboratory/clinical\\_biochemistry.html?qt=Totalprotein&alt=sh](http://www.merckmanuals.com/vet/clinical_pathology_and_procedures/diagnostic_procedures_for_the_private_practice_laboratory/clinical_biochemistry.html?qt=Totalprotein&alt=sh). Consultado el 06 de Septiembre de 2017.

Mitloehner, F. M., J. L. Morrow, J. W. Dailey, S. C. Wilson, M. L. Galyean, M. F. Miller, J. J. McClone. 2001. Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 79: 2327-2335.

Mitloehner, F. M., M. L. Galyean, J. J. McClone. 2002. Shade effects on performance, carcass traits, physiology, and behavior of heat-stress feedlot heifers. *J. Anim. Sci.* 80: 2043-2050

- Morange, F. 2006. HSFs in development. *Handbook of Experimental Pharmacology* 172: 153-169.
- Moss, F. P., G. P. Lebloud. 1971. Satellite cells as the source of nuclei in muscles of growing rats. *Anat. Rec.* 170: 421-435.
- Nardone, A., B. Ronchi, N. Lacetera, M. S. Ranieri, U. Bernabucci. 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest. Sci.* 130: 57-69.
- Nazifi, S., M. Saeb, E. Rowghani, K. Kaveh. 2003. The influences of thermal stress on serum biochemical parameters of Iranian fat-tailed sheep and their correlation with triiodothyronine (T3), thyroxine (T4) and cortisol concentrations. *Comp. Clin. Pathol.* 12: 135-139.
- Njidda, A. A., I. T. Hassan, E. A. Olatunji. 2013. Hematological and biochemical parameters of goats of semi-arid environment fed on natural grazing rangeland of northern Nigeria. *J. Agric. Vet. Sci.* 3: 1-8.
- NRC, National Research Council. 1981. *Nutrient requirements of goats*. National Academy Press, Washington, D.C., USA.
- NRC, National Research Council. 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh revised edition: Update Subcommittee on Beef Cattle Nutrition, Committee on Animal Nutrition*, ISBN: 309-592, 248 pp.
- NRC, National Research Council. 2007. *Nutrient requirements of small ruminants, sheep, goats, cervids, and new world camelids*. National Academy Press, Washington, DC, 384 pp.
- Ocak, S., N. Darcan, S. C, ankaya, T. C. Inal. 2009. Physiological and biochemical responses in German fawn kids subjected to cooling treatments under Mediterranean climate conditions. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 33: 455:461.

- Odongo N. E., O. AlZahal, M. I. Lindinger, T. F. Duffield, E. V. Valdes, S. P. Terrell, B. W. McBride. 2006. Effects of mild heat stress and grain challenge on acid-base balance and rumen tissue histology in lambs. *J. Anim. Sci.* 84: 447-455.
- Okourwa, M.I. 2014. Effect of heat stress on thermoregulatory, live bodyweight and physiological responses of dwarf goats in southern Nigeria. *Eur. Sci. J.* 10: 255-264.
- Okourwa, M.I. 2015. Effect of coat characteristics on physiological traits and heat tolerance of West African Dwarf sheep in Southern Nigeria. *Open J. Anim. Sci.* 5: 351-357.
- Olanrewaju, H. A., J. P. Thaxton, W. A. Dozier, S. L. III Branton. 2007. Electrolyte diets, stress, and acid-base balance in broiler chickens. *Poult. Sci.* 86: 1363-1371.
- Olivares, A., Caro T. W. 1998. Efecto de la presencia de sombra en el consumo de agua y ganancia de peso de ovinos en pastoreo. *Agro sur.* 26: 77-80.
- Oliveira, P. T. L., S.H.N. Turco, T.V. Voltolini, G.G.L. Araújo, L.G.R. Pereira, C. Mistura, D.R. Menezes. 2011. Respostas fisiológicas e desempenho produtivo de ovinos em pasto suplementados com diferentes fontes proteicas. *Rev. Ceres,* 58: 185-192.
- Olsson, K., S. Benlamlih, J. Hossaini-Hilali, K. Dahlborn. 1997. Regulation of fluid balance in goats and sheep from dry areas. *Options Méditerranéennes CIHEAM-IAMZ* 34: 159-171.
- Olsson, K. 2005. Fluid Balance in Ruminants: Adaptation to external and internal challenges. *Ann. N.Y. Acad. Sci.,* 1040: 156-161.
- Otoikhian, C. S. O., J. A. Orheruata, J. A. Imasuen, O.P. Akporhwarho. 2009. Physiological response of local (West African Dwarf) and adapted Switzerland (White Bornu) goat breed to varied climatic conditions in South-South Nigeria. *Afr. J. Gen Agric.* 5: 1-6.
- Pachauri, R. K., A. Reisinger, Core Writing Team. *Climate Change 2007: Synthesis Report.* Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Génova, Suiza.

- Padilla, R. J., Hernández, J. J., Román, H., P. Mendoza. 1985. Crecimiento, respuestas fisiológicas y comportamiento reproductivo del borrego Tabasco o Pelibuey con y sin sombra en clima tropical. *Téc. Pec. Méx.* 49: 98-105.
- Padua, J.T., R. G. Dasilva, R. W. Bottcher, S. J. Hoff. 1997. Effect of high environmental temperature on weight gain and food intake of Suffolk lambs reared in a tropical environment. In: *Proceedings of the 5th International Symposium*, Bloomington, Minnesota, USA. pp. 809-815.
- Paes, P. R., G. Barioni, J. R. Fonteque. 2000. Comparação dos valores hematológicos entre caprinos, fêmeas da raça Parda Alpina de diferentes faixas etárias. *Vet. Notícias* 6: 43-49.
- Paludo, G. R., C. McManus, R. Q. Melo, A. G. Cardoso, F. P. S. Mello, M. Moreira, B. H. Fuck. 2002. Efeito do estresse térmico e do exercício sobre parâmetros fisiológicos de cavalos do exército brasileiro. *Rev. Bras. Zoot.* 31: 1130-1142.
- Payne, J. M., S. Payne. 1987. *The metabolic profile test*. UK: Oxford Science Publication.
- Pereira, A. M., A. M. R. Bonifácio, C. V. dos Santos, I. A. da Silva, T. P. e Silva, K. R. Silva Sousa, F. P. Gottardi, M. CAT. 2014. Thermoregulatory traits of native sheep in pregnancy and supplemented in grazing system. *J. Agri. Sci.* 6: 113-119.
- Pérez, M. 2000. Obtención de un hidrolizado de crema de levadura de destilería y evaluación de su actividad probiótica. Tesis Doctor en Ciencias Veterinarias Universidad Agraria de la Habana. Cuba.
- Piccione, G, V. Messina, I. Vazzana, S. Dara, C. Giannetto, A. Assenza. 2012. Seasonal variations of some serum electrolyte concentrations in sheep and goats. *Comp. Clin. Pathol.* 21: 911-915.
- Pinto-Santini L, A. L. Ríos, I. Oliveros, A. Pigliacampo, T. Chacón. 2014. Shadow effect at grazing on some physiological variables of West African lambs under emergency conditions of mild heat. *Livest. Res. Rural Develop.* 26: 1-11.

- Popoola, M. A., M. O. Bolarinwa, M. O. Yahaya, G. L. Adebisi, A. A. Saka. 2014. Thermal comfort effects on physiological adaptations and growth performance of west African dwarf goats raised in Nigeria. *Eur. Sci. J. Special edition*. 3: 275-281
- Rana, M. S., M. A. Hashem, S. Akhter, M. Habibullah, M. H. Islam, R. C. Biswas. 2014. Effect of heat stress on carcass and meat quality of indigenous sheep of Bangladesh. *Bang. J. Anim. Sci.*, 43: 147-153.
- Rasooli, A., M. Nouri, G. H. Khadjeh, A. Rasekh. 2004. The influences of seasonal variations on thyroid activity and some biochemical parameters of cattle. *Iran J. Vet. Res.* 5: 1383-1391.
- Reece, W. O. 2006. *Fisiologia dos Animais Domésticos*. In: Dukes, H. H. Swenson, M. J. *Fisiologia dos animais domésticos*. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. p. 199-205.
- Rensis, D. F., R. J. Scaramuzzi. 2003. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow – a review. *Theriogenology* 60: 1139-1151.
- Rivington, M., K. B. Matthews, K. Buchan, D. Miller, G. Russell. 2009. Investigating climate change impacts and adaptation options using integrated assessment methods. *Aspects Appl. Biol.* 93: 85-92.
- Romero, R. D., P. A. Montero, H. H. Montaldo, A. D. Rodríguez and C. J. Hernández. 2013. Differences in body temperature, cell viability, and HSP-70 concentrations between Pelibuey and Suffolk sheep under heat stress. *Trop. Anim. Health Prod.* 45: 1691-1696.
- SAGARPA. 2006. Sistema de información agropecuaria de consulta. (SIACON). México.
- Salama, A. A. K., G. Caja, S. Hamzaoui, B. Badaoui, A. Castro-Costa, D. A. E. Facanha, M. M. Guilhermino, R. Bozzi. 2014. Different levels of response to heat stress in dairy goats. *Small Ruminant Res.* 121: 73-79.

- Salinas-Chavira, J., M. Domínguez-Muñoz, R. Díaz-Martínez, P. Cruz-Bautista, M. F. Montaña-Gómez, C. Arzola-Álvarez. 2006. Effect of duration of zilpaterol hydrochloride treatment on carcass characteristics and weight gain in grazing Pelibuey lambs. *J. Appl. Anim. Res.* 29: 25-28.
- Salvador, A. 2010. Documento técnico efecto del estrés calórico en vacas lecheras (en línea). Disponible en: <http://www.dpa.com.ve/documentos/cd1/page12.html>. Consultado el 13 de diciembre del 2016.
- Sanusi, A. O., S. O. Peter, A. O. Sonibare, M. O. Ozojie. 2010. Effects of coat colour on heat stress among West African dwarf sheep. *Nig. J. Anim. Prod.* 38: 28-36.
- SAS, 2004. SAS/STAT: User's guide statistics released 9.1, 2nd Ed. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA.
- Savage, D. B., J. V. Nolan, I. R. Godwin, D. G. Mayer, A. Aoetpah, T. Nguyen, N. D. Baillie, T. E. Rheinberger, C. Lawlor. 2008. Water and feed intake responses of sheep to drinking water temperature in hot conditions. *Aust. J. Exp. Agric.* 48: 1044-1047.
- Scaglione, M. C., R. D. Cerutti, R. L. Althaus, S. E. Valtorta, D. C. Diaz, J. C. Boggio. 2003. Variaciones diarias en concentraciones plasmáticas de sodio y potasio en bovinos Holstein. *Rev. Sci. Vet.* 72: 73-80.
- Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare (SCAHAW) 2001. The welfare of cattle kept for beef production. SANCO.C.2/AH/R22/2000. Retrieved September 14, 2017, from [http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scah/out54\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scah/out54_en.pdf).
- Segrelles-Serrano, J. A. 2001. Problemas ambientales, agricultura y globalización en América Latina. *Scripta Nova. Rev. Electr. Geogr. Cs. Soc.* 5 (92): 32.
- Seixas, L., C. B. de Melo, C. Bergmann, V. Peripolli, C. McManus. 2017. Heat tolerance in Brazilian hair sheep. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 30: 593-601.
- Sejian, V., S. Bahadur, S. M. K. Naqvi, 2014. Effect of nutritional restriction on growth, adaptation physiology and oestrous responses in Malpura ewes. *Anim. Biol.* 64: 189-205.

- Sejian, V., V. P. Maurya, K. Kumar, S. M. K. Naqvi. 2013. Effect of multiple stresses (thermal, nutritional and walking stress) on growth, physiological response, blood biochemical and endocrine responses in Malpura ewes under semi-arid tropical environment. *Trop. Anim. Health Prod.* 45: 107-116.
- Sejian, V., V. P. Maurya, S. M. K. Naqvi. 2010. Adaptive capability as indicated by endocrine and biochemical responses of Malpura ewes subjected to combined stresses (thermal and nutritional) under semi-arid tropical environment. *Int. J. Biometeorol.* 54: 653-661
- Sevi, A., T. Rotunno, R. Di Caterina, A. Muscio. 2002. Fatty acid composition of ewe milk as affected by solar radiation and high ambient temperature. *J. Dairy Res.* 69: 181-194.
- Shafferi, I., J. D. Roussel, K. X. Koonce. 1981. Effects of age, temperature, season and breed on blood characteristics of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 64: 63-68.
- Shelton, M. 2000. Reproductive performance of sheep exposed to hot environments. In: Malik, R. C., Razzaque, M. A., Al-Nasser, A. Y. (Eds.), *Sheep Production in Hot and Arid Zones*, pp. 155-162. Published by the Kuwait Institute for Scientific Research.
- SIAP. 2017. Servicio de Información agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. Consultada el 29-12-2017 en: [http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance\\_siap\\_gb/pecResumen.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecResumen.jsp)
- Silanikove, N., G. Leitner, U. Merin, C.G. Prosser. 2010. Recent advances in exploiting goat's milk: quality, safety and production aspects. *Small Ruminant Res.*, 89: 110-124.
- Silanikove, N. 1987. Impact of shade in a hot Mediterranean summer on feed intake, feed utilization and body fluid distribution in sheep. *Appetite* 9: 207-215.
- Silanikove, N. 1994. The struggle to maintain hydration and osmoregulation in animals experiencing severe dehydration and rapid rehydration: the story of ruminants. *Exp. Physiol.* 79: 381-400.

- Silanikove, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest. Prod. Sci.* 67: 1-18.
- Singh, K. M., S. Singh, I. Ganguly, A. Ganguly, R. K. Nachiappan, A. Chopra and H. K. Narula. 2016. Evaluation of Indian sheep breeds of arid zone under heat stress condition. *Small Ruminant Res.* 141: 113-117.
- Sivakumar, A. V. N., G. Singh, V. P. Varshney. 2010. Antioxidants supplementation on acid- base balance during heat stress in goats. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 23: 1462-1468.
- Solomon, S. D., M. Qin, Z. Manning, M. Chen, K. B. Marquis, M. Averyt. 2007. *Climate Change: The Physical Science Basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University, pp 212-213. United Kingdom.
- Srikandakumar, A., E. H. Johnson, O. Mahgoub. 2003. Effect of heat stress on respiratory rate, rectal temperature and blood chemistry in Omani and Australian Merino sheep. *Small Ruminant Res.* 49: 193-198.
- Sullivan, M. L., A. J. Cawdell-Smith, T. L. Mader and J. B. Gaughan. 2011. Effect of shade area on performance and welfare of short-fed feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 89: 2911-2925.
- Summers, B. A. 2009. Climate change and animal disease. *Vet. Pathol.* 46: 1185-1186.
- Sunagawa, K., I. Nagamine, Y. Kamata, N. Niino, Y. Taniyama, K. Kinjo, A. Matayoshi. 2015. Nighthtime cooling is an effective method for improving milkproduction in lactating goats exposed to hot and humid environment. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 28: 966-975.
- Tabarez, R. A., A. A. Porras, H. H. Vaquera, I. J. Hernández, J. Valencia, M. S. Rojas, C. J. Hernández. 2009. Desarrollo embrionario en ovejas Pelibuey y Suffolk en condiciones de estrés calórico. *Agrociencia* 43: 671-680.
- Thompson, G. E. 1985. Respiratory system. In: Young, M.K. Ed., *Stress Physiology in Livestock*. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, USA, pp. 155-162.

- Thrall, M.A. 2007. Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária. Roca, São Paulo, 582 p.
- Todaro, M., M. Dattena, A. Acciaioli, A. Bonanno, G. Bruni, M. Caroprese, M. Mele, A. Sevi, M. Trabalza Marinucci. 2015. Aseasonal sheep and goat milkproduction in the Mediterranean area: physiological and technical insights. *Small Ruminant Res.* 126: 59-66.
- Tolini, F., G. Fernández, N. Mayer, L. Maiztegui, G. Muñoz, C. Pagni, N. Rodriguez. 2017. Influencia del estrés calórico sobre los glóbulos blancos en vacas Holando Argentino. *Rev. Agron. Noroeste Argent.* 37: 67-75.
- Torremorell, M. 2010. Climate change and animal diseases. Proc. International Conference Adapting Animal Production to Changes for a Growing Human Population. J. Estany, C. Nojareda & M. Rothschild (Eds.). Lleida, Spain. May 19-21. pp. 73-82.
- Turner, H. G., and C. S. Taylor. 1983. Dynamic factors in models of energy utilisation with particular reference to maintenance requirements of cattle. *World Rev. Nutr. Diet.* 42: 135-190.
- Van Dijk, J., N. D. Sargison, F. Kenyon and P. J. Skuce. 2010. Climate change and infectious disease: helminthological changes due to farmed ruminants in temperate regions. *Animal* 4: 377-392.
- Verma, D. N., S. N. Lal, S. P. Singh, O. M. Parkash, O. Parkash. 2000. Effect of season on biological responses and productivity of buffalo. *Int. J. Anim. Sci.* 15: 237-244.
- Vernon, R. G. 1992. Effects of diet on lipolysis and its regulation. *Proc. Nutr. Soc.* 51: 397-408.
- West, J. W. 1999. Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. *J. Anim. Sci.*, 77: 21-35.

- Wheelock, J. B., R. P. Rhoads, M. J. Van Baale, S. R. Sanders, L. H. Baumgard. 2010. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *J. of Dairy Sci.* 93: 644-655.
- Wildeus, S. 1997. Hair sheep genetic resources and their contribution to diversified small ruminant production in the United States. *J. Anim. Sci.* 75: 630-640.
- Wittwer, F., H. Böhmwald. 1983. *Manual de Patología Clínica Veterinaria*. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Wojtas, K., P. Cwynar, R. Kolacz and R. Kupczynski. 2013. Effect of heat stress on acid base balance in Polish Merino sheep. *Archiv. Anim. Breed.* 56:92.
- Wojtas, K., P. Cwynar, R. Kolacz. 2014. Effect of thermal stress on physiological and blood parameters in Merino sheep. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 58: 283-288.
- Xin, G., R. Long, X. Guo, J. Irvine, L. Ding, L. Ding, and Z. Shang. 2011. Blood mineral status of grazing Tibetan sheep in the north-east of the Qinghai-Tibetan Plateau. *Livest. Sci.* 136: 102-107.
- Zhao, Y., Wang, C., Wang, S., L.V. Tibig. 2005. Impacts of present and future climate variability on agriculture in the humid and sub-humid tropics. *Climate Change.* 70: 73-116