

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



**IMPACTO DE LA SOMBRA EN EL BIENESTAR DE LAS  
OVEJAS DE PELO MULTÍPARAS ESTRESADAS POR  
CALOR: VARIABLES FISIOLÓGICAS Y ELECTROLITOS**

**TESIS**

**REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

**PRESENTA**

**OSCAR ROMARIO SAAVEDRA BUENROSTRO**

**DIRECTOR**

**DR. ULISES MACÍAS CRUZ**

**Mexicali, B.C.**

**Diciembre 2017.**

La presente tesis titulada “**Impacto de la sombra en el bienestar de las ovejas de pelo estresadas por calor: variables fisiológicas y electrolitos**”, realizada por el C. **Oscar Romario Saavedra Buenrostro**, y dirigida por el **Dr. Ulises Macías Cruz**, siendo aceptada, revisada y aprobada por el Consejo Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el grado de:

## **INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

### **Consejo Particular**

---

Dr. Ulises Macías Cruz

Director de Tesis

---

Dr. Leonel Avendaño Reyes

Asesor de Tesis

---

Dr. Abelardo Correa Calderón

Asesor de Tesis

**“POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL HOMBRE”**

Ejido Nuevo León, Mexicali Baja California, México, a 7 de diciembre de 2017.

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a Dios por la oportunidad de tener esta divertida y extenuante experiencia en esta vida y a todas las personas que me ayudaron, que ellos saben quiénes son, porque si me pongo a mencionar a cada uno sería muy extenso y correr con el riesgo de omitir a alguien, siendo que hasta del que nada sabía algo aprendí.

## **DEDICATORIAS**

Lo dedico a Dios y a toda la corte celestial, a mis familias, maestros y amigos que dieron de su tiempo y conocimiento para realizar este trabajo que me ayudo a comprender muchas situaciones y crecer como personas y profesionista.

## ÍNDICE DEL CONTENIDO

Página	
Índice de cuadros.....	Vi
Índice de figuras.....	Vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. Introducción.....	1
II. Hipótesis.....	2
III. Objetivo.....	2
IV. Revisión de Literatura.....	3
4.1. Producción de ovinos en el mundo.....	4
4.2. Producción de ovinos en México.....	5
4.3. Estrés calórico en ovinos.....	6
4.4. Consumo de agua en ovinos estresados por calor.....	8
4.5. Termorregulación en ovinos.....	9
4.6. Uso de sombras en ovinos.....	11
4.6.1. Efecto en variables fisiológicas.....	12
4.6.2. Efecto sobre consumo de agua y alimento.....	13
4.6.3. Efecto sobre electrolitos.....	14
V. Materiales y Métodos.....	16
5.1. Lugar de estudio.....	16
5.2. Animales, tratamientos y manejo.....	16
5.3. Condiciones climáticas.....	17
5.4. Consumo de alimento y agua.....	17
5.5. Variables fisiológicas.....	18
5.6. Concentración de electrolitos en suero sanguíneo .....	18
5.7. Análisis estadístico.....	18
VI.RESULTADOS.....	20
6.1. Condiciones Climáticos.....	20

6.2. Variables fisiológicas.....	22
6.3. Consumo de agua y electrolitos en suero sanguíneo .....	23
VII. DISCUSIÓN.....	24
7.1. Condiciones Climáticas.....	24
7.2. Variables fisiológicas.....	25
7.3. Consumo de agua y electrolitos en suero sanguíneo .....	27
VIII. CONCLUSIONES.....	29
IX. LITERATURA CITADA.....	30

## ÍNDICE DE CUADROS

**Cuadro 1.** Condiciones climáticas que prevalecieron durante el periodo experimental..... 29

**Cuadro 2.** Consumo de alimento y agua, así como concentraciones de electrolitos en suero de ovejas multíparas alojadas en corrales con y sin sombra durante la época de verano..... 32

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Temperatura (T) e índice de temperatura-humedad (ITH) circadiano durante el periodo experimental..... 30

**Figura 2.** Temperatura rectal y Frecuencia respiratoria de ovejas multíparas alojadas en corrales con y sin sombra durante la época de verano..... 31

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de disponibilidad de sombra en el corral sobre variables fisiológicas y concentraciones de electrolitos sanguíneos en ovejas multíparas de pelo durante la época caliente de verano. Se utilizaron 20 ovejas multíparas (peso vivo [PV]=48.7±6.5 kg y condición corporal (CC)= 2.9±0.6 unidades), no preñadas y no lactando, de la craza Katahdín x Pelibuey y fenotípicamente de color blancas. Las ovejas se distribuyeron bajo un diseño de bloques completamente al azar (factor de bloqueo el PV) a los siguientes tratamientos: corral con sombra y corral sin sombra. Se registraron consumo de alimento y agua diario por corral, así como frecuencia respiratoria (FR), temperatura rectal (TR) y concentraciones sanguíneas de potasio (K<sup>+</sup>), sodio (Na<sup>+</sup>) y cloro (Cl<sup>-</sup>). Las condiciones ambientales durante el estudio se clasificaron como de estrés calórico moderado tanto bajo sombra (temperatura= 34.9±1.4°C, índice de temperatura-humedad [ITH]= 82.4± 2.0 unidades y humedad relativa [HR]= 44.3±8.0%) y sin sombra (temperatura [T]= 35.0±1.4°C, ITH= 78.9± 2.4 unidades y HR= 41.5±8.2%). Numéricamente, las ovejas del corral sin sombra tuvieron diariamente 2.2% menos consumo de alimento pero 38.4% más consumo de agua que las ovejas del corral con sombra. La TR y FR en la mañana no variaron (P>0.05) por efecto de sombra, pero en la tarde ambas variables fueron menores (P<0.05) en ovejas con sombra. Las concentraciones sanguíneas de Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> fueron similares entre tratamientos, pero los niveles sanguíneos de K<sup>+</sup> disminuyeron (P<0.05) por efecto de sombra. Se concluye que la disponibilidad de sombra en los corrales mejora el bienestar de ovejas multíparas no preñadas en ambientes de estrés calórico, ya que disminuye la temperatura corporal y la tasa respiratoria.

**Palabras claves:** Ovinos de pelo, hipertermia, temperatura rectal, termorregulación.

## ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the effect of shade availability in corral on physiological variables and blood electrolyte concentrations in hair breed multiparous ewes during the hot summer season. A total of 20 non-pregnant and non-lactating multiparous ewes from genotype Katahdín x Pelibuey (live weight [BW]= 48.7±1.5 kg, body condition score= 2.9±0.6 units and white color) were used. Ewes were assigned under randomized complete block design (BW as blocking factor) to the following treatments (n=10): corral with shade and corral without shade. It was recorded daily feed and water intake per corral, as well as rectal temperature, respiratory frequency and blood concentration of potassium (K<sup>+</sup>), sodium (Na<sup>+</sup>) and chlorine (Cl<sup>-</sup>). Environmental conditions during the study were classified as of moderate heat stress both under shade (temperature= 34.9±1.4°C, temperature-humidity index [THI]= 82.4± 2.0 units and relative humidity [RH]= 44.3±8.0%) and without shade (temperature= 35.0±1.4°C, THI= 78.9± 2.4 units and RH= 41.5±8.2%). Numerically, ewes without shade had 2.2% less daily feed intake and 38.4% more daily water intake than ewes with shade. Rectal temperature and respiratory frequency in the morning did not vary (P>0.05) by effect of shade, but both variables were lower (P<0.05) in shade ewes during the afternoon. Serum Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> concentrations were similar (P>0.05) between treatments, however, serum K<sup>+</sup> levels decreased (P<0.05) by effect of shade. It is concluded that shade availability in corrals improves the welfare of non-pregnant multiparous ewes in hot stress environments, as it decreases body temperature and respiratory frequency.

**Keywords:** Hair sheep, hyperthermia, rectal temperature, thermoregulation.

## I. INTRODUCCIÓN

El calentamiento global por efecto de la acumulación de gases de efecto invernadero está promoviendo un cambio climático en el mundo caracterizado por el aumento en las temperaturas ambientales, y con ello la predominancia de territorios áridos, semi-áridos y desérticos. Estas regiones agroecológicas presentan elevadas temperaturas durante la época de verano y escasa precipitación y cobertura vegetal. En este sentido, la producción animal bajo estas condiciones es difícil. Los pequeños rumiantes han mostrado adaptarse adecuadamente a estas condiciones ambientales, tolerando el estrés calórico de verano y aprovechando de forma eficiente los pocos recursos forrajes disponibles para la producción de carne y leche.

En México, los ovinos de pelo son razas que se desarrollan y sobreviven adecuadamente en climas áridos (*Macías-Cruz et al., 2016*), no obstante existen reportes en relación a que estos ovinos presentan una reducción en su producción durante la épocas de verano debido por la activación de mecanismos de termorregulación, reducción en el consumo de alimento y aumento en el consumo de agua (*Macías-Cruz et al., 2013; Vicente-Pérez et al., 2015*). Lo anterior conduce a una disminución en los ingresos económicos, y en consecuencia, afecta negativamente la economía de los ovinocultores (*Rovira et al., 2007*). La implementación de modificaciones a instalaciones o de manejo para mitigar los efectos del estrés calórico podría ser una alternativa para mejorar la productividad de los ovinos de pelo.

La instalación de sombra en los corrales es una de las estrategias más utilizadas para minimizar el impacto del estrés calórico en ovinos, la cual modifica el ambiente al evitar la exposición directa de los animales a la radiación solar. Algunos estudios

mencionan que las sombras mejoran el confort los ovinos porque reduce la TR, FR y cardiaca, así como la tasa de sudoración (*Padilla et al., 1988; Liu et al., 2012; Andrade et al., 2007*). No obstante, en corderos de engorda de raza Barki (*Hassanin et al., 1996*) y cruzados de Dorper x Pelibuey (*Corrales et al., 2017*) mantenidas en condiciones de estrés calórico natural, reportaron que la sombra fue benéfica en horas de diurno pero no por la noche para mejorar el estado de confort del animal. No se encontraron antecedentes del efecto de sombra en las concentraciones de electrolitos sanguíneos en ovinos, lo cual resulta importante establecer para determinar el impacto de esta estrategia de mitigación de estrés calórico sobre el balance del agua. En general, estos resultados muestran que los efectos de la sombra sobre variables fisiológicas son controversiales. A su vez, *López et al. (2015)* mencionan que el beneficio de las sombras en el bienestar animal depende de factores como la raza, la intensidad de la radiación solar, manejo y estado fisiológico del animal.

## **II. HIPÓTESIS**

La instalación de sombra en los corrales de ovejas de raza de pelo mejora el confort animal por reducir el calor corporal y evitar su deshidratación.

## **III. OBJETIVO**

Evaluar el efecto de la presencia de la sombra sobre las variables fisiológicas y las concentraciones sanguíneas de electrolitos en ovejas de pelos mantenidas en condiciones naturales de estrés calórico.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. Producción de ovinos en el mundo

Los ovinos se ubican en todos los continentes del mundo, siendo predominantes en el occidente. A partir de los ovinos se derivan diferentes subproductos para la alimentación del humano, tales como carne, leche y lana. Cabe mencionar que las regiones áridas del mundo juegan un papel importante en la producción ovina, ya que es una especie con menores demandas de nutrientes para su crecimiento y reproducción, comparado con un bovino.

Datos de la FAO indican que el inventario ovino mundial se estima en 2,165 millones de cabezas, por encima de la población de bovinos (1,684 millones) y cerdos (966 millones) (FAO, 2012). Sin embargo, el consumo de carne ovina se encuentra por debajo de la carne de cerdo (36%), ave (35%) y vacuno (22%). La producción mundial de carne ovina se concentra mayormente en unas pocas zonas del mundo; en primer lugar China, Australia y Nueva Zelanda; pero el mundo Islámico, el noroeste y sur de Europa y la Patagonia también son importantes productores de ovinos (Garnier, 2010).

Por otra parte, el consumo de carne de cordero ha decrecido significativamente en países europeos y Estados Unidos, mientras que en China y países del medio oriente está en aumento. De esta manera, China en la actualidad es el principal consumidor de carne de cordero en el mundo, con cerca de 4 millones de toneladas por año, lo que representa cerca del 30% del total del consumo mundial. En Australia y Nueva Zelanda también se ha observado el mismo fenómeno en el consumo de cordero que en Europa, sin embargo, estos países se han centrado en la exportación de carne ovina y no tanto en el mercado local.

El sistema de producción extensivo es el más común en las regiones áridas, ya que es más rentable para los ganaderos; aunque lamentablemente se requiere de grandes superficies de terreno para alimentarlos (*Galavi et al., 2009*). Como una modificación al sistema de producción extensivo, los ovinocultores han optado por suplementar en ciertas épocas del año y al encierro nocturno, ambas estrategias han promovido que los sistemas de producción se conviertan semi-extensivos en muchos de los casos (*Galavi et al., 2009*). También se encuentran sistemas de producción intensiva donde los ovinos son alimentados en corrales y con una dieta elaborada y controlada (*Olazarán y Rojas, 2001*).

#### **4.2. Producción de ovinos en México**

El inventario ovino nacional al 2014 era de 8.5 millones de cabeza, con aumento en la población de ovinos en regiones secas entre el 2005 y 2014 del 30% (474 mil a 617 mil cabezas) (*SAGARPA, 2014*). En general, la población ovina en el norte del país es de 617 mil cabezas (*SAGARPA, 2014*), lo cual representa tan solo el 7.2% del inventario nacional.

En el norte de México donde la disponibilidad de forraje es escaso y las condiciones climáticas prevalecientes en verano son de estrés calórico, los ovinos de pelo han mostrado adaptarse adecuadamente (*Macías-Cruz et al., 2016*). Adicionalmente, se ha reportado que son resistentes a parásitos, altamente rústicos, tienen la capacidad de aprovechar de mejor manera alimentos fibrosos y se adaptan fácilmente a cualquier clima y sistema de producción (*Macías-Cruz et al., 2010*). Las razas predominantes son Pelibuey, Blackbelly, Dorper, Katahdin, así como las cruzas terminales generadas entre estas mismas razas. Aunque también es posible encontrar

razas de lana bajo las condiciones áridas del país, tales Rambouillet, Dorset y Charollais (*Esqueda-Coronado y Gutiérrez-Ronquillo, 2009*). Estos mismos autores mencionan que los rebaños de ovinos en el norte de México presentan bajos índices productivos, y los productores muestran poco interés en constituir una empresa económicamente redituable.

Al igual que en otras regiones áridas del mundo, la producción de ovinos en el norte de México se caracteriza por ser de tipo extensivo, dado que el mayor inventario de estas regiones se encuentra en manos de campesinos con escasos recursos, quienes aprovechan los recursos naturales para la alimentación ovina tales como pastizales, esquilmos agrícolas y matorrales de diversas especies (*Esqueda-Coronado y Gutiérrez-Ronquillo, 2009*). Cabe destacar que el pastoreo irracional de los agostaderos del norte del país ha provocado que disminuya la calidad de los suelos para la producción de masa vegetal, situación que ha promovido que los animales gasten más energía para buscar alimento (*Echavarría et al., 2006*).

#### **4.3. Estrés calórico en ovinos**

El problema del calentamiento global en las últimas décadas ha conducido a un aumento en las temperaturas ambientales a través de las diferentes regiones del mundo, de tal manera que regiones donde no se tenían problemas de estrés calórico, ahora se tienen, pero no de manera constante como en regiones áridas y semi-áridas, y en ciertas horas del día (*Roca, 2011*).

El Estrés calórico (EC) es un factor climático que reduce la fertilidad, el crecimiento, el desarrollo y la productividad de los ovinos, repercutiendo negativamente el ingreso económico de esta industria pecuaria (*Marai et al., 2008*;

*Odeón y Romera, 2017*). Las elevadas temperaturas ambientales provocan en ovinos una disminución en el consumo de alimento al mismo tiempo que incrementa los requerimientos nutricionales de mantenimiento (entre 7 y 25%) debido al gasto energético extra que se requiere para mantener en un rango normal (*NRC, 1981*). De esta manera, ovinos estresados por calor tienden a presentar un cuadro de desnutrición evidenciados en pérdidas de peso vivo y condición corporal (*Abdel, 2002*).

El índice de temperatura-humedad (ITH) que se calcula a través de datos de T y HR, ha sido la principal herramienta usada para establecer si las condiciones ambientales son de EC para los ovinos, así como para otras especies domésticas. Sin embargo, el uso de este índice en ovinos resulta complicado aplicar, ya que a la fecha no existe un estudio realizado para determinar a partir de qué momento se considera que el ambiente es de EC para esta especie, así como su clasificación acorde a su severidad. En una revisión hecha por *Marai et al. (2007)*, se menciona que los ovinos comienzan a experimentar hipertermia cuando las condiciones climáticas producen un  $ITH \geq 82$  unidades. Además, indicaron que el EC se clasifica como moderado (82 a <84 unidades), severo (84 a <86 unidades) y extremadamente severo ( $\geq 86$  unidades) acorde al ITH. Sin embargo, esos niveles de ITH fueron considerados basados en lo que de manera general indicó la LPHSI (1990) para ganado y pollos, por lo cual resulta poco aplicable. Otro estudio sugirió usar como límite las 72 unidades de ITH para ovinos West African, tal como se aplica en ganado lechero (*López et al., 2015*). Por su parte, *Neves et al. (2009)* después de evaluar variables fisiológicas de ovinos Santa Inés a diferentes ITH, llegaron a la conclusión que esta raza comienza a presentar EC cuando la temperatura ambiental es  $\geq 30^\circ \text{C}$  y el  $ITH \geq 78$  unidades. Esto sugiere que el punto de inicio de estrés calórico para ovinos que indica *Marai et al. (2007)* muy

posiblemente esta sobrestimado para ovinos, dado que ovinos de razas de pelo son más tolerantes a las altas temperaturas que las razas de lana.

Otros estudios han optado por usar la FR para establecer si los ovinos experimentan EC (*Silanikove, 2000; Seixas et al., 2017*). En esa escala se considera que un ovino tiene una tasa respiratoria normal si tiene <40 rpm, y comienza a experimentar EC con FR de 40 rpm. El EC es clasificado de acuerdo con el rango de rpm en las siguientes categorías: bajo (40-60 rpm), medio-alto (61-80 rpm), alto (81 a 120 rpm) y severo (>200 rpm). Aunque esta clasificación es poco usada, podría ser complemento al cálculo del ITH para establecer el tipo de ambiente al que están sujetos los ovinos.

#### **4.4. Consumo de agua en ovinos estresados por calor**

El agua es un factor limitante en la producción ganadera en áreas áridas y semiáridas, dadas las elevadas temperaturas, alimentación de mala calidad y baja precipitación pluvial (*Casamassima et al., 2008*). En estas regiones, la temperatura ambiental de verano promueve el movimiento de viento caliente, lo cual incrementa la disipación de calor por medios evaporativos, incrementando el requerimiento de agua entre 44 y 71% en ovejas (*McMenniman y Pepper, 1982*) esto dependiendo del nivel de adaptación de la raza al estrés hídrico. Por ejemplo, ovejas Awassi poseen una mejor capacidad para soportar la privación de agua en comparación que las ovejas Najdi, siendo más notorio durante los meses más calientes del año (*Alamer y Al-hozanb 2004*).

*Chedid et al. (2014)* mencionan que hay una relación positiva entre temperatura ambiental y consumo voluntario de agua, así como con el volumen urinario. El

consumo de agua en los ovinos está relacionado con la temperatura del agua, mostrando mayor consumo de agua a temperatura ambiente que con agua fría (*Stritzler, 1991*). Finalmente, *Raggi et al. (1985)* comentan que el bajo consumo de alimento y pérdida de agua que presentan los animales es condiciones de áridas o desérticas son signos de adaptabilidad. Se tiene registros que cabras y ovinos adaptados al desierto presentan una gran eficiencia en el uso del agua, consumiendo solamente un cuarto del consumo normal.

#### **4.5. Termorregulación en ovinos**

La termorregulación es la capacidad que tiene un organismo biológico para modificar su temperatura en intervalos óptimos, permitiendo que se lleven a cabo sus funciones vitales de manera normal. Para mantener condiciones de homotermia, los seres vivos han desarrollado distintos mecanismos de termorregulación, entre los que se incluyen los fisiológicos, metabólicos y endócrinos (*Sanmiguel y Diaz, 2011*)., mantener una temperatura corporal dentro de los límites adecuados es posible por la capacidad que tiene el cuerpo del animal para activar los mecanismos que favorecen el equilibrio, entre los que facilitan la producción de calor y la pérdida del mismo (*Jones et al., 2007*). El rango de temperatura dentro del cual el animal no requiere un gasto de energía adicional para mantener su temperatura corporal se llama zona termoneutral, por consiguientes los costos fisiológicos son mínimos y la productividad es máxima (*Aggarwal y Upadhya, 2013*).

En condiciones termoneutrales, los mecanismos de termorregulación se limitan mayormente al tipo no evaporativo, como radiación, convección y conducción (*Cain et al., 2006*). La radiación es la pérdida de calor mediante rayos infrarrojos o calóricos, la

cual varía con la superficie corporal del animal, siendo menor en animales robustos. La conducción es la eliminación de calor provocado por la diferencia en el gradiente de temperaturas entre el cuerpo y alguna superficie superficies que tenga menos temperatura. La convección es el intercambio de calor mediante el fluido sanguíneo y el flujo del aire externo (*Kolkhorst et al., 2002; Bavera y Beguet, 2003*)

En condiciones de estrés calórico, los ovinos activan mecanismos termorregulatorios evaporativos para disipar en forma más eficiente la carga de calor corporal. De tal manera que mientras que en condiciones termo-neutrales las pérdidas de calor por respiración son de solo el 20%, cuando la temperatura ambiental aumenta a los 35°C, la tasa de disipación de calor por este mecanismo es de alrededor del 60% (*Marai et al., 2007*). En algunas razas se llega a presentar alcalosis respiratoria debido a que la tasa respiratoria es el principal proceso evaporativo de enfriamiento en climas calientes (*Srikandakumar et al., 2003; Cain et al., 2006; Titto et al., 2016*).

Cuando la temperatura ambiental es superior a los 36°C, las orejas y las patas de las ovejas también juegan un papel fundamental en la disipación del calor, ya que estas estas dos regiones que el área corporal ocupa alrededor del 23% de la superficie corporal total (*Marai et al., 2007*). El jadeo y la sudoración son otros mecanismos evaporativos que pueden ser activados en ovejas, sin embargo, en esta especie no son tan importantes como en otras, tales como bovinos (ambos) o cerdos (esencialmente jadeo) (*McManus et al., 2009*). Aunque cabe mencionar que existe variación entre razas en la capacidad para tolerar y activar mecanismos de termorregulación al respecto, *McManus et al. (2009)* menciona que los ovinos de lana poseen mecanismos menos desarrollados para disipar el exceso de calor que los ovinos de pelo.

#### 4.6. Uso de sombras en ovinos

La inclusión de sombras en los corrales es una estrategia para reducir el impacto de la radiación solar sobre los animales. En regiones cálidas donde los veranos son calurosos y provocan estrés calórico en el animal, las sombras son una alternativa para minimizar su impacto, ya que se ha demostrado que mejoran el confort animal (*Olivares y Caro, 1998*). A su vez, *López et al. (2015)* mencionan que el uso de sombras en corrales de ovinos favorece la productividad de esta especie, reduciendo la carga de calor adquirida por radiación solar.

La instalación de sombras a una altura y orientación correcta permite a los ovinos reducir su esfuerzo por disipar calor en condiciones de hipertermia (*Berman y Horovi, 2012*). Se recomienda que las sombras artificiales en corrales para ovinos se instalen a una altura de 2.5 m, y que se encuentren orientadas de este a oeste; todo esto con el fin de garantizar que la mayoría del día haya sombra dentro del corral, asimismo que la transferencia de calor de la sombra hacia el animal disminuya (*Romero, 2005*). Lo anterior ayuda a los animales mantener un gradiente de temperatura entre el cuerpo y el ambiente, disminuyendo la necesidad de activar mecanismos de enfriamiento evaporativo que conducen a la pérdida de agua corporal por evaporación (*Ostrowski et al., 2003*).

#### 4.6.1. Efecto de la sombra en variables fisiológicas

La mayoría de estudios coinciden en que colocar sombras dentro del corral o en las áreas de pastoreo es benéfico para el bienestar fisiológico del animal (*Marai et al., 2007*). Además, otros estudios mencionan que ovinos de pelo expuestos a radiación solar directa pueden recuperar su estado fisiológico rápidamente si se ponen bajo sombra (*Titto et al., 2016*). Se debe tomar en cuenta que los beneficios de la sombra pueden depender de la raza, intensidad de la radiación solar, estado fisiológico del animal, manejo, y otros (*López et al., 2015*).

Durante el verano en Egipto, *Hassani et al. (1996)* reportaron que corderos adaptados a estrés calórico de raza Barki presentaron mayor temperatura rectal y frecuencia respiratoria cuando no tuvieron sombra por la tarde (14:00 h). Esto sugiere que la sombra puede disminuir las pérdidas de calor en ovinos durante las horas de ausencia de radiación solar (noche-mañana). Por su parte, *Liu et al. (2012)* encontraron que ovejas Malpura tuvieron menor FR como consecuencia de haber sido alojados en corrales con sombra después del pastoreo. También, *Padilla et al. (1985)* observaron que tanto TR (39.1 vs 39.4 °C) como FR (56.5 vs 136.6 rpm) aumentaron en ovinos Pelibuey sin presencia de sombra en condiciones de un clima tropical.

Se debe tomar en cuenta que el tipo de sombra juega un rol importante sobre el grado de confort que pueden alcanzar los ovinos en condiciones de estrés calórico. Generalmente, el establecimiento de sombra natural es mejor que la artificial para mitigar los efectos del estrés calórico en los animales (*Valentine et al., 1990*). *Kalyan et al. (2017)* compararon tres tipos de sombras (natural, lámina de asbesto y cobertizo de lámina) en corderos de raza Malpura bajo estrés calórico y encontraron que la sombra natural y cobertizo de lámina redujeron la frecuencia respiratoria y cardíaca

solamente por las mañanas, la sombra cobertizo de lámina resulto ser más favorable para de los corderos (baja TR, y FR y cardiaco). Por su parte, *Andrade et al. (2007)* usando ovinos de pelo Santa Inés, reportaron que la TR y la FR aumentaron por usar sombra artificial (Malla sombra a 80%) en comparación con usar sombra natural.

#### **4.6.2. Efecto sobre consumo de agua y alimento**

Los animales consumen agua diariamente para mantener su balance hídrico de manera que la misma cantidad de agua que eliminan sea restaurada, lo cual es fundamental para realizar sus funciones vitales óptimamente tanto como productivas y reproductivas (*Ramírez, 2006*). *Sevi et al. (2001)* mencionan que la presencia de sombra ayuda a mitigar los efectos de las altas temperaturas ambientales en el balance térmico, metabolismo energético. *Silanikove (1987)* y más recientemente *Kalyan et al. (2017)* encontraron que el consumo de agua en ovinos sin sombra fue superior al comparado en los ovinos con sombra. Por su parte, *Olivares y Caro (1998)* encontrar que los ovinos sin sombra consumieron una mayor cantidad de agua que los con sombra. En ovinos de pelo color blanco sujetos a estrés calórico (35°C promedio) de verano en el noroeste de México, *Avendaño et al. (2017)* también reportaron mayor consumo de agua en corderos sin sombra, pero sin efecto alguno de la disponibilidad de sombra sobre consumo de alimento, ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia después de un periodo experimental de dos semanas.

Resultados similares del uso de sombra fueron observados en ganado de carne, el cual incremento el consumo de agua comparado con aquellos sin el beneficio de la sombra (*Muller et al., 1994*).

Además, *Rovira (2002)* observaron una ingesta de alimento en novillos de finalización con sombra 14% mayor que en animales sin sombra. Congruente con lo anterior, *Mitlöchner et al. (2001; 2002)* reportaron mayor consumo de alimento y tasa de crecimiento debido a disponibilidad de sombra en de vaquillas de engorda durante la época de verano.

#### **4.6.3. Efecto sobre electrolitos**

La evaluación de electrolitos es de gran importancia en condiciones de estrés calórico, ya que representan un buen indicativo del balance de agua que guarda el animal. La ausencia de sombra puede conducir a una excesiva pérdida de agua por a través de mecanismos evaporativos (Jadeo y Sudoración) (*Marai et al., 2008*), resulta en una reducción en los niveles de electrolitos en sangre. Cuando ocurre una deshidratación es debido a una pérdida excesiva de agua trayendo como consecuencia una reducción del volumen sanguíneo y aumenta la retención de agua renal en los animales, lo que conduce a un aumento en las concentraciones sanguíneas de los electrolitos Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup>, mientras que los niveles de K<sup>+</sup> disminuyen por su excesiva pérdida a través del sudor. Una característica de un animal deshidratado es el aumento en los niveles de Na<sup>+</sup> en sangre, lo cual se debe a que el agua del rumen y del tracto digestivo es movilizaba al torrente sanguíneo, y este sistema es activado por transporte activo de Na<sup>+</sup> a través de la pared del rumen. El Na<sup>+</sup> es reabsorbido por los riñones y reciclado a través de la saliva para mantener los niveles de Na<sup>+</sup> en sangre. El K<sup>+</sup> es expulsado por la sudoración, porque no se puede almacenar en el cuerpo del ovino para poder mantener la presión y el equilibrio ácido-base dentro de los líquidos del cuerpo (*Chedid et al., 2014*).

Cabe mencionar que no se encontró información en la literatura de efecto de sombra en la concentración de electrolitos sanguíneos. Aunque, en cabras (*Okoruma et al., 2014*) y bovinos (*Barragán-Hernández et al., 2015*) se ha reportado un aumento en los niveles sanguíneos de K<sup>+</sup> y Na<sup>+</sup>.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Lugar de estudio

El estudio se realizó durante el verano del 2016 en la Posta Ovina del Instituto de Ciencias Agrícolas, de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), localizada en el Valle de Mexicali, B.C., al noroeste de México (*García-Cueto et al., 2010*). El clima es muy árido y seco, con temperaturas máximas que se pueden alcanzar en verano ( $>50^{\circ}\text{C}$ ), mínimas en invierno ( $\leq 0^{\circ}\text{C}$ ) y precipitación anual promedio de 85 mm (*García, 1985*).

### 5.2. Animales, tratamientos y manejo

El experimento se realizó con 20 ovejas Katahdin x Pelibuey que fueron seleccionadas de un rebaño considerando las siguientes características: fenotípicamente blancas, multíparas, no preñadas, no lactando, saludables y con condición corporal entre 2.5 y 3.5 unidades considerando una escala de 1 a 5 puntos (1= muy flaca y 5= muy gorda; *Russel et al., 1969*). Así, las ovejas seleccionadas presentaron al inicio del experimento un peso vivo de  $48.7 \pm 1.5$  kg, una condición corporal=  $2.9 \pm 0.6$  unidades y de 2 a 3 partos. Dos días antes de iniciar el experimento, las ovejas fueron pesadas individualmente para formar parejas de similar peso (bloques= 10) y ser asignada aleatoriamente (dentro de bloque) a uno de dos grupos (n=10). Cada grupo fue asignado a uno de los siguientes dos tratamientos: 1) un corral con sombra y 2) un corral sin sombra. Los corrales tenían un área de 25 m<sup>2</sup> y estaban equipados con comederos, bebederos y paredes hechas de malla electro-soldada para permitir el correcto flujo de aire. En el caso del corral con sombra, ésta se encontraba

orientado tanto al lado este (6 m<sup>2</sup>) y oeste (6 m<sup>2</sup>) a una altura de 2.5 m y hechas de lámina galvanizada (área total= 12 m<sup>2</sup>, 1.2 m<sup>2</sup>/oveja).

El experimento duró 18 días, 2 días de adaptación a los corrales y 16 días de prueba. Durante este periodo, las ovejas se alimentaron con una dieta que cumplían con los requerimientos de mantenimiento (proteína cruda(PC)= 8.1% y energía metabolizable = 1.9 Mcal/kg de materia seca (MS), acorde a lo indicado en el *NRC (2007)*. La dieta fue elaborada a base de forraje picado (20% heno de alfalfa y 80% paja de trigo) y se ofreció diariamente a las 6:00 h y 18:00 h, al igual que agua a libre acceso.

### **5.3. Condiciones climáticas**

En ambos tratamientos se colocaron termógrafos (*Thermotracker, Sinaloa, México*) a 1.0 m de altura con respecto al piso para registrar temperatura (T) y humedad relativa (HR) ambiental cada 30 min durante los 16 días de prueba. En el caso del corral con sombra, el termógrafo se colocó bajo la sombra. Con esta información se calculó el índice de temperatura-humedad ( $ITH=0.81 \times T + HR \times (T-14.4) + 46.4$ ; *Hahn, 1999*), así como promedios diarios de máximo y mínimos de cada variable climática.

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

La cantidad de alimento ofrecido (~5% del peso vivo) y rechazado por corral fue pesado y registrado diariamente. En el caso del agua, se registró el volumen ofrecido y rechazado por corral tanto en la mañana (6:00 h) como en la tarde (18:00). Con esta

información se calculó el consumo diario de alimento, así como el consumo diario de agua por corral en horario diurno (6:00 a 18:00 h) y nocturno (18:00 a 6:00 h).

### **5.5. Variables fisiológicas**

Se registro TR y FR a las 6:00 y 18:00 h cada 3 días (6 muestreos). La temperatura rectal se evaluó introduciendo un termómetro digital en el recto durante aproximadamente un minuto, mientras que la FR resultó de multiplicar por dos el número de movimientos del flanco derecho por 30 s.

### **5.6. Concentración de electrolitos en suero sanguíneo**

Muestras sanguíneas fueron colectadas los días de los muestreos de variables fisiológicas, pero solo en el horario de la mañana. La sangre fue recolectada en tubos vacutainer de 6 mL (tapa roja; BD Vacutainer con activador de coagulación) y colocados en una hielera durante aproximadamente una hora antes de ser centrifugados a 3500 rpm, durante 10 min, a una temperatura de 10°C (*Centrifugadora Thermo Fisher Scientific, Heraeus, USA*). El suero fue separado por duplicado en viales de 2 mL y almacenarlo a -20°C hasta su uso en la determinación de las concentraciones de electrolitos sanguíneos (K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup>) con un analizador automatizado (*LW E60A, LandWind, Shenzhen, China*).

## 5.7. Análisis estadístico

Estadística descriptiva fue calculada para variables climáticas y consumo diario de alimento y de agua (mañana, tarde y total) por corral. La información de variables fisiológicas se sometió a un análisis de varianza bajo un diseño de bloques completamente (DBCA) al azar con arreglo factorial  $2^2$ , donde el modelo incluyó como factores fijos a bloque, tratamiento (con y sin sombra), hora de muestreo (mañana y tarde) y la interacción tratamiento x hora de muestreo. En las concentraciones séricas de electrolitos también se aplicó análisis de varianza, pero usando un DBCA donde el modelo solo incluyó efecto de bloque y tratamiento. Las medias fueron comparadas con prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . Todos los análisis estadísticos se realizaron con el procedimiento PROC ANOVA del paquete estadístico SAS (2004).

## VI. RESULTADOS

### 6.1. Condiciones climáticas

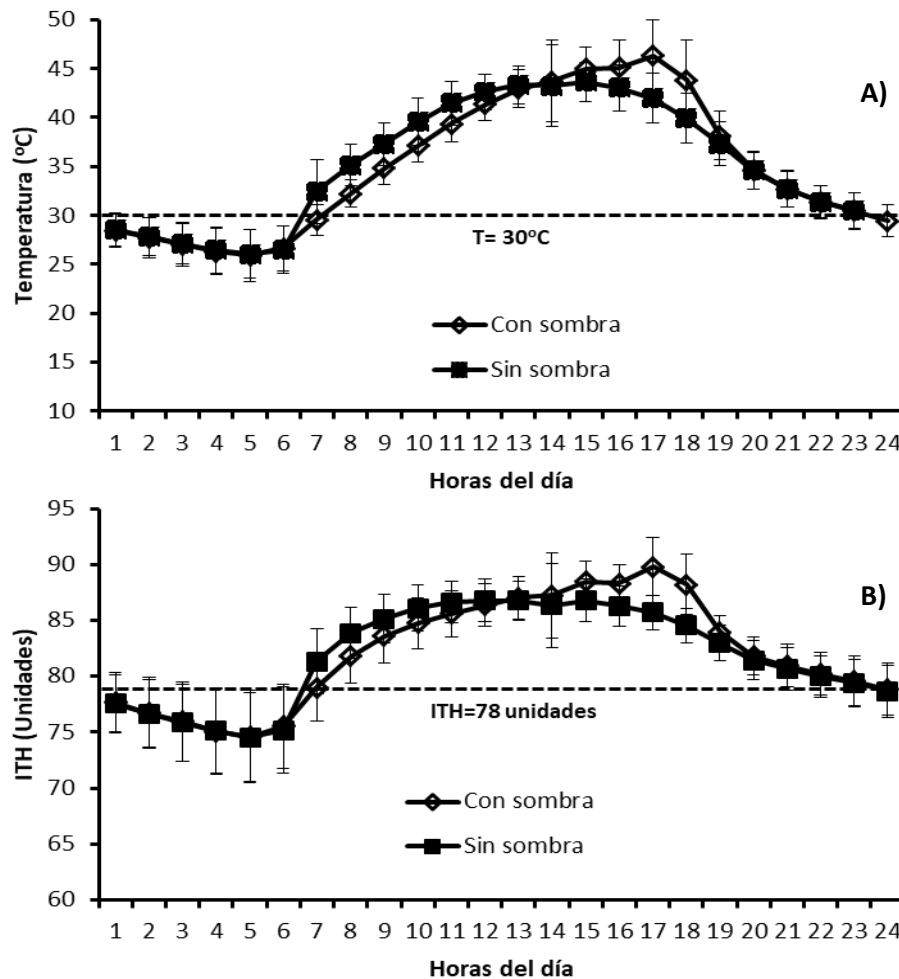
Las condiciones climáticas promedio que prevalecieron bajo la sombra fueron similares a las encontradas cuando no hubo sombra; siendo la temperatura, la humedad relativa y el ITH promedio de  $35.0 \pm 1.4^\circ\text{C}$ ,  $42.9 \pm 8.1\%$  y  $82.2 \pm 2.2$  unidades, respectivamente (Cuadro 1). Cabe mencionar que la temperatura máxima promedio diaria bajo sombra fue  $2.6^\circ\text{C}$  más alta que en condiciones de sin sombra. La HR promedio, mínima y máxima diaria fue superior bajo sombra que sin sombra. Aunque esto no promovió variaciones fuertes en el ITH diario.

**Cuadro 1.** Condiciones climáticas que prevalecieron durante el periodo experimental.

Variables	Tratamientos	
	Con sombra	Sin sombra
Temperatura ( $^\circ\text{C}$ )		
Promedio	$34.9 \pm 1.4$	$35.0 \pm 1.4$
Mínima	$25.6 \pm 2.3$	$25.6 \pm 2.1$
Máxima	$46.7 \pm 3.0$	$44.1 \pm 1.7$
Humedad Relativa (%)		
Promedio	$44.3 \pm 8.0$	$41.5 \pm 8.2$
Mínima	$24.9 \pm 5.8$	$17.2 \pm 5.6$
Máxima	$76.7 \pm 7.7$	$66.8 \pm 8.1$
Índice temperatura-humedad (Unidades)		
Promedio	$82.4 \pm 2.0$	$82.0 \pm 2.4$
Mínima	$72.4 \pm 3.7$	$73.9 \pm 1.8$
Máxima	$87.3 \pm 2.4$	$87.5 \pm 3.5$

La variación diaria de temperatura e ITH también fueron registradas tanto bajo sombra y sin ella (Figura 1). Ambas variables mostraron aumentar de 5:00 a 17:00 h

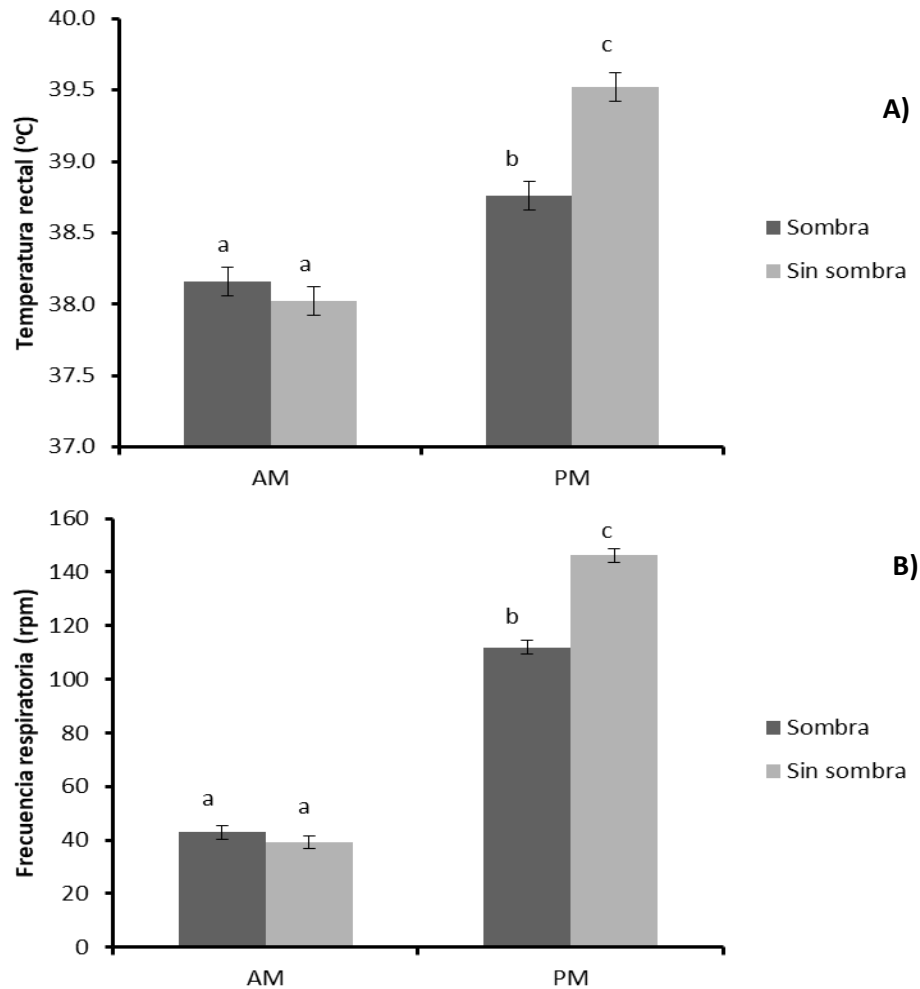
bajo la sombra ( $T= 25.9$  a  $46.3^{\circ}\text{C}$  e  $\text{ITH}= 74.6$  a  $89.8$  unidades), mientras que en condiciones sin sombra aumentaron de 5:00 a 15:00 h (temperatura =  $26.0$  a  $43.6^{\circ}\text{C}$  e  $\text{ITH}= 74.5$  a  $86.8$  unidades). En el horario nocturno (19:00 a 6:00 h), la temperatura ( $26.5$  a  $37.7^{\circ}\text{C}$ ) y el ITH ( $75.3$  a  $83.5$  unidades) fueron similares bajo sombra y sin sombra.



**Figura 1.** Temperatura (A) e índice de temperatura-humedad (B) circadiano durante el periodo experimental.

## 6.2. Variables fisiológicas

La interacción tratamiento x hora del día afectó ( $P < 0.05$ ) las variables fisiológicas (Cuadro 2). La TR y la FR fueron similares ( $P > 0.05$ ) en ovejas con y sin sombra en las mañanas, pero en las tardes las medias de ambas variables se redujeron ( $P < 0.05$ ) por efecto de la sombra (TR= 38.8 vs. 39.5°C y FR= 112 vs. 146 rpm).



**Figura 2.** Temperatura recta; (A) y Frecuencia respiratoria (B) de ovejas multíparas alojadas en corrales con y sin sombra durante la época caliente de verano (Letras diferentes indican diferencias a  $P \leq 0.05$ ).

### 6.3. Consumo de agua y electrolitos en suero sanguíneo

A pesar de que no se midió el consumo diario de alimento ni de agua en forma individual, se observó que el consumo diario de alimento por corral disminuyó ligeramente, pero el consumo de agua aumentó diariamente en 38% por efecto de falta de sombra, específicamente en horas diurnas (68%) (Cuadro 2). Las concentraciones de Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> no variaron (P>0.05) entre tratamientos mientras que las concentraciones de K<sup>+</sup> aumentaron (P<0.05) 6.2% en ovejas sin sombra.

**Cuadro 2.** Consumo de alimento y agua, así como concentraciones de electrolitos en suero de ovejas múltiparas alojadas en corrales con y sin sombra durante la época caliente de verano.

	Con sombra	Sin sombra	E.E.
Consumo de alimento (kg/d/corral) <sup>3</sup>	11.49	11.23	0.86
Consumo de agua (L/d/corral) <sup>3</sup>			
Día <sup>1</sup>	31.65	53.21	3.48
Noche <sup>2</sup>	14.89	11.22	4.84
Total	46.54	64.43	6.02
Electrolitos en suero (mmol/L)			
Potasio	5.47a	5.81b	0.09
Sodio	139.74a	140.22 <sup>a</sup>	0.34
Cloro	115.31a	115.57 <sup>a</sup>	0.35

Letras diferentes en hilera indican diferencia a P<0.05.

<sup>1</sup> Representa el consumo diario de agua en horarios de 06:00 a 18:00 h.

<sup>2</sup> Representa el consumo diario de agua en horarios de 18:00 a 06:00 h.

<sup>3</sup> Las medias y desviaciones estándar son por grupo experimental durante el periodo de estudio.

## VII. DISCUSIÓN

### 7.1. Condiciones climáticas

Los ovinos de raza de pelo han mostrado una superioridad con relación a la tolerancia del estrés calórico de tal manera que soportan temperaturas por encima del límite superior de la zona termoneutral (18-27°C) indicada para ovinos. *Neves et al. (2009)* encontraron que los ovinos de raza de pelo comienzan a experimentar estrés calórico cuando la temperatura ambiental es  $\geq 30^{\circ}\text{C}$ , mientras que *Marai et al. (2007)* menciona que 35°C de temperatura puede comprometer la capacidad de termorregulación en los ovinos, y con ello afectarse negativamente la capacidad productiva y reproductiva de ellos. En este estudio, la temperatura promedio diaria anduvo en los 35°C por lo cual puede considerarse que el ambiente fue de estrés calórico para las ovejas multíparas de raza de pelo usadas. Aunque, se debe considerar que en horas de la tarde la temperatura alcanzó máximos de hasta 46° C bajo sombra y de 43° C sin sombra, ambas temperaturas si se mantuvieran constantes a través del día podrían ser mortales para los animales. En este estudio, el hecho de que durante la madrugada la temperatura descendió por debajo de los 30°C ayudó a mejorar la capacidad de termorregulación de las ovejas, ya que favoreció la disipación de la carga de calor corporal acumuladas durante las horas diurnas en una forma más efectiva durante el horario nocturno (*Silanikove, 2000*).

El ITH es ampliamente usado para establecer el grado de EC al cual son sometidos los animales (*Silanikove, 2000; Marai et al., 2007*). El ITH comúnmente empleado se calcula a partir de la temperatura y humedad relativa registrada durante los periodos de estudio. Mientras que en ganado lechero se tiene bien establecido el

punto de ITH (72 unidades; *Avendaño et al., 2012*) donde comienzan a experimentar hipertermia, en ovinos no se ha establecido en forma concreta. *Marai et al. (2007)* indica que, en general, los ovinos comienzan a experimentar EC a ITH=82 unidades; *López et al. (2015)* reportaron que ovinos de pelo West African inicial con signos de EC con ITH=72 unidades. Por su parte, *Neves et al (2009)* encontraron que el punto de inicio del EC en ovinos de pelo es a 78 unidades de ITH. Considerando que en el presente estudio el ITH promedio fue de 82 unidades, se puede inferir que el ambiente fue de estrés calórico para las ovejas de pelo, y este se consideró de tipo moderado a través del día de acuerdo a la clasificación ( $82 \leq \text{ITH} < 84$  unidades) de *Marai et al. (2007)*; aunque en horas de las tardes fue de tipo severo ( $84 \leq \text{ITH} < 86$  unidades). En horas de la madrugada, el ITH fue inferior a las 78 unidades bajo sombra y sin ella, lo que sugiere ausencia de condiciones ambientales de EC en horarios nocturnos durante la época de verano. En general, las condiciones climáticas de estrés calórico del verano parecen que no son minimizadas en áreas sombreadas con lámina galvanizada dentro del corral, por lo cual el beneficio que resulta de colocar este tipo de sombra para los animales dentro de los corrales se limita a una reducción en la cantidad de radiación solar a la que son expuestos en el horario diurno.

## **7.2. Variables fisiológicas**

En escenarios de altas temperaturas se activan una serie mecanismos fisiológicos con el objeto de disipar el exceso de calor corporal y mantener condiciones de homeoterma. Así, un aumento en la FR producto de un incremento en la TR es comúnmente observado en ovinos de pelo bajo condiciones de EC (*Macías-Cruz et al., 2013; 2016*). Algunos estudios han reportado que el impacto del EC bajo

condiciones naturales en ovinos puede disminuir a través de la colocación de sombras en corrales o áreas de pastoreo, ya sean naturales o artificiales (*Liu et al., 2012; Kalyan et al., 2017; Sejian et al., 2017*); aunque específicamente en ovinos de raza de pelo poco se ha estudiado. En el presente estudio se observó que la disponibilidad de un área sombreada en el corral para disminuir el paso de la radiación solar resultó favorable para mejorar el bienestar fisiológico en el horario diurno de ovejas de pelo, dado que la presencia de sombra promovió una disminución en la TR de 0.7°C, así como en la FR de 34 rpm en el horario de la tarde, sin ningún beneficio fisiológico por las mañanas. Posiblemente, los resultados de la mañana se deban a que las condiciones climáticas bajo y sin sombra fueron similares, además de no ser consideradas estresante para las ovejas. Esto pudo permitir que la carga de calor corporal acumulada a través del día en ovejas sin sombra se perdiera de forma eficiente en las condiciones termoneutrales nocturnas (*Silanikove, 2000*).

Nuestros resultados coincidieron parcialmente con hallazgos de otros estudios previos. *Hassani et al. (1996)* encontraron beneficios de sombrear todo el corral con lámina de asbesto, pero solamente por las tardes y no por las mañanas en corderos Barki mantenidos en estrés calórico natural. Ellos concluyeron que la sombra no permitió al ovino disipar el calor por la noche reflejándose en mayores TR y FR en tratamiento de sombra comparado con sin sombra en la mañana. Similarmente, en ovinos de engorda Dorper x Pelibuey se ha reportado que el sombreado total del corral no permite disipar adecuadamente la carga de calor durante las horas de la noche (*Corrales et al., 2017*). La discrepancia entre resultados se debe al área en corral disponible en sombra, mientras que en este estudio fue alrededor de una tercera parte del corral, en los estudios previos fue todo el corral.

### 7.3. Consumo de agua y electrolitos en suero sanguíneo

Otros mecanismos de termorregulación activados por los ovinos estresados por calor es la disminución en el consumo de alimento al mismo tiempo que aumentan su consumo de agua (*Marai et al., 2007*). La caída en el consumo de alimento permite al animal reducir su producción de calor metabólico, mientras que el aumento en el consumo de agua beneficia para evitar la deshidratación manteniendo un balance de agua corporal relativamente adecuado (*Sejian et al., 2017*). La ausencia de sombra ya sea natural o artificial puede conducir a un desbalance de agua en los animales, ya que la exposición directa a la radiación solar aumenta la FR y las pérdidas de agua a través de evaporación en la piel (*Lima et al., 2017*). Los resultados de este trabajo mostraron que las ovejas de pelo disminuyen ligeramente el consumo de alimento, pero aumentan drásticamente el consumo de agua, principalmente en el horario diurno (68%), por efecto de la falta de disponibilidad de sombra en el corral. Esto se esperaba como la falta de sombra expone a los animales a la radiación directa y en consecuencia pueden deshidratarse fácilmente. Una forma de evitar la deshidratación es aumentando el consumo de agua, principalmente en horas diurna, tal como se ha reportado en estudios previos (*Kalyan et al., 2017*).

Los resultados de concentraciones de electrolitos sugieren que las ovejas de pelo son capaces de mantenerse hidratadas correctamente con y sin disponibilidad de sombra siempre y cuando el agua esté *ad libitum*, ya que los niveles séricos de Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> no fueron afectados por sombra. *Chedid et al. (2014)* mencionan que ovinos deshidratados presentan un aumento en las concentraciones de Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> debido a una disminución en el volumen de agua y a un aumento en la retención de agua renal.

Los animales deshidratados promueven un movimiento de agua del rumen al cuerpo a partir del transporte activo del  $\text{Na}^+$  a través de la pared del rumen, de tal manera que esta agua ruminal disponible es hiperosmótica (Silanikove, 1994). El exceso de  $\text{Na}^+$  en el agua ruminal es reabsorbido en riñones y reciclado a través de saliva para prevenir los niveles de  $\text{Na}^+$  en sangre, sin embargo, aun así se siguen detectando niveles de este electrolito por encima del rango normal en animales deshidratados (Piccione *et al.*, 2012; Chedid *et al.*, 2014).

Cabe mencionar que los niveles séricos de  $\text{K}^+$  aumentaron en un 6.2% en ovejas sin sombra. El aumento de  $\text{K}^+$  por falta de sombra puede ser un indicativo de que las ovejas de pelo redujeron sus pérdidas de agua a través de orina y heces (Macías-Cruz *et al.*, 2016), lo cual pudo contribuir a mantener la hidratación correcta en las ovejas de pelo usadas. No se encontró en la literatura estudio donde hayan determinado efecto de la disponibilidad de sombra en la concentración de electrolitos sanguíneos en ovinos. Aunque, en cabras (Okoruma *et al.*, 2014) y bovinos (Barragán-Hernández *et al.*, 2015) se ha reportado un aumento en los niveles sanguíneos de  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$ , lo cual coincide parcialmente con lo observado en las ovejas de pelo del actual estudio.

## VIII. CONCLUSIONES

La disponibilidad de sombra en los corrales favorece el confort fisiológico de las ovejas multíparas de pelo durante la época caliente en regiones áridas. Además, esta craza ovina mostró su capacidad para evitar el cuadro de deshidratación a pesar de su exposición directa al estrés calórico y radiación solar, siempre y cuando la disponibilidad de agua sea *ad libitum*.

## IX. LITERATURA CITADA

Abdel-Hafez, M.A.M., 2002. Studies on the reproductive performance in sheep. Ph.D. thesis. Faculty of Agriculture, Zagazig University, Zagazig, Egypt.

Aggarwal, A. Upadhyay, R. 2013. Heat Stress and Animal Productivity. Springer India. 1: 1-25.

Alamer, M., Al-hozanb, A. 2004. Effect of water deprivation and season on feed intake, body weight and thermoregulation in Awassi and Najdi sheep breeds in Saudi Arabia. J. Arid. Environ. 59:71-84.

Andrade, S. I., De Sousa, B. B., Pereira, F. J. M., De Azevedo, S. A. M. 2007. Parâmetros fisiológicos e desempenho de ovinos santa inês submetidos a diferentes tipos de sombreamento e a suplementação em pastejo. Cienc. Agrotec. 31:540-547.

Avendaño-Reyes, L., Hernández-Rivera, A., Álvarez-Valenzuela, D., Macías-Cruz, U., Diaz-Molina, R., Correa-Calderón, A., Robinson, H. P., Fadel, G. J. 2012. Physiological and productive responses of multiparous lactating cows exposed to short-term cooling during severe summer conditions in an arid region of Mexico. Int. J. Biometeorol. 56:993-999.

Avendaño-Reyes, L., Corrales, L. J., Corrales, G., Guerra, E. J. Macías-Cruz, U., Gastelum, A. M., Corre, A., Lara, L. A., Vicente-Pérez, A., Vicente-Pérez, R., Aguilar, A. J., Ponce, L. J., Barajas, R., Mellado, M., 2017. Effects of shade on growth performance of hairsheep ewes in severe heat stress conditions. Memoria de la XVIII ISAH Congress. Mazatlán, Sinaloa, México. Pp.141-144.

- Barragán-Hernández, W.A., Mahecha-Ledesma, L., Cajas-Girón, Y.S. 2015. Variables fisiológicas-metabólicas de estrés calórico en vacas bajo silvopastoreo y pradera sin árboles. *Agron. Mesoamer.* 26:211-223.
- Bavera, G. A. Beguet, H. A. 2003. Termorregulación corporal y ambiental. Cursos producción Bovina de Carne FAV UNRC. 1-14.
- Berman, A., Horovitz, T. 2012. Radiant heat loss, an unexploited path for heat stress reduction in shaded cattle. *J. Dairy Sci.*, 95:3021-3031.
- Cain III, J. W., Krausman, P. R., Rosenstock, S. S., & Turner, J. C. 2006. Mechanisms of thermoregulation and water balance in desert ungulates. *Wildlife Soc. B.* 34:570-581.
- Casamassima, D., Pizzo, R., Palazzo, M., D'alessandro, A. G., Martemucci, G. 2008. Effect of water restriction on productive performance and blood parameters in comisana sheep reared under intensive condition. *Small Ruminant Res.* 78:169-175.
- Chedid, M., Jaber, S. L., Giger-Reverdin, S., Duvaux-Ponter, C., Hamadeh, K. S. 2014. Water stress in sheep raised under arid conditions. *Can. J. Anim. Sci.* 94:243-257.
- Corrales N., G. E. 2017. Efecto de sombra en el crecimiento y aspectos fisiológicos de corderas Dorper x Pelibuey en estrés calórico severo. Tesis para obtener el grado Licenciado en Ingeniería Agronómica, opción Producción Pecuaria, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa, México. p. 1-35.
- Echavarria, C. G. F., Gutiérrez, L. R., Ledesma, R. R. I., Bañuelos, V. R., Aguilera, S. J. I., Serna, P. A. 2006. Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en agostadero del semiárido zacatecano. *Téc. Pecu. Méx.* 44:203-217.
- Engineering Technology Guide. Clemson University, Clemson, SC 29634, USA.

- Esqueda-Coronado, H. M., Gutiérrez-Ronquillo, E. 2009. Producción de ovinos de pelo bajo condiciones de pastoreo extensivo en el norte de México. INIFAP.
- Galaviz-Rodriguez, J. R., Vargas-Lopez, S., Zараfoza-Ramirez, J. L., Bustamante-Gonzales, A., Ramirez-Bribiesca, E., Guerrero-Rodriguez, J. D., Hernandez, Z. J. S. 2010. Evaluación Territorial de los sistemas de producción ovina en la región norponiente de Tlaxcala. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 2: 53-68.
- Garcia-Cueto, O.R., Tejada, M.A. E. Jauregui. 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, E. 1985. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. 3ra. Edición, México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México.
- Garnier, J.P. 2010. Análisis del mercado mundial de la carne de ovino. Revista Eurocarne. 184:115-122.
- Hahn, G.L. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. J. Dairy Sci. 82:1020.
- Hassanin, S.H., Abdalla, E.B., Kotby, E.A., Abd-Elaziz, A.M.S., and El-Fouly, M.A. 1996. Efficacy of asbestos shading for growth of Barki rams during hot summer. Small Ruminant. Res. 20:199-203.
- Jones, M., Kemmerling, B., Neal, A. Termoregulation in sheep. 2007. En sitio internet: <http://ag.ansc.purdue.edu/sheep/ansc442/Semprojs/2007/thermoreg/thermoreg.htm>
- Kalyan, D., Kumar, D., Singh, A.K., Kumar, K., Shao, A., Naqvi, S.M.K. 2017. Effect of protection against hot climate on growth performance, physiological response and

- endocrine profile of growing lambs under semi-arid tropical environment. *Trop. Anim. Health Prod.* 49:1317-1323.
- Kolkhort, W. F., DiPasquale, M. D. Buono, J. M. 2002. Effect of tap-water iontophoresis on sweat gland recruitment, skin temperature and skin blood flow. *J. Dermatol. Sci.* 28:97-101.
- Lima, L. O., Lima, R. D. M. A., de Castro, A. L. A., dos Santos Dias, F. J., & Dias, M. 2017. Influência da cor do pelame nos parâmetros fisiológicos e comportamentais de ovelhas da raça Santa Inês ao sol e à sombra. *Pubvet.* 11:744-753.
- Liu, H.W., Zhou, W. 2012. Effects of shade on welfare and meat quality of grazing sheep high ambient temperature. *J. Anim. Sci.* 90:4764-4770.
- López, R., Pinto-Santini, L., Perozo, D., Pineda, J., Oliveros, L., Chacon, T., Rossin, M., Ríos de Alvares, L. 2015. Confort térmico y crecimiento de corderas West African pastoreando con y sin acceso a sombra artificial. *Arch. Zootec.* 64:139-146.
- LPHSI, 1990. *Livestock and Poultry Heat Stress Indices Agriculture Engineering Technology Guide.* Clemson University, Clemson, SC 29634, USA.
- Macías-Cruz, U., Álvarez-Valenzuela, F. D., Rodríguez-García, J., Correa-Calderón, A., Torrentera-Olivera, N. G., Molina-Ramírez, L., Avendaño-Reyes, L. 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-Cruz, U., Avendaño-Reyes, L., Álvarez-Valenzuela, F. D., Torrentera-Olivera, N. G., Meza-Herrera, C., Mellado-Bosque, M., Correa-Calderón, A. 2013. Crecimiento y características de canal en corderas tratadas con clorhidrato de zilpaterol durante primavera y verano. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 4:1-12.

- Macías-Cruz, U., Gastelum, A. M., Álvarez, D. F., Correa, A., Diaz, R., Meza-Herrera, C. A., Mellando, M., Avendaño-Reyes, L. 2016. Effects of summer heat stress on physiological variables, ovulation and progesterone secretion in Pelibuey ewes under natural outdoor conditions in an arid region. *Anim. Sci. J.* 87:354-360.
- Macías-Cruz, U., López-Baca, M.A., Vicente, R., Mejía, A., Álvarez, F.D., Correa-Calderón, A., Meza-Herrera, C.A., Mellado, M., Guerra-Liera, J.E., Avendaño-Reyes, L. 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.
- Marai, I. F. M., El-Darawany, A. A., Fadiel, A., Abdel-Hafez, M. A. M. 2008. Reproductive performance traits as affected by heat stress and its alleviation in sheep Tropical and Subtropical Agroecosystems. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* 8:209-234.
- Marai, I.F.M., El-Darawany, A.A., Fadiel, A., Abdel-Hafez, M.A.M. 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* 71:1-12.
- McManus, C., Regina, P. G., Louvandini, H., Gulgel, R., Bastos, S. C. L., Rezende, P. S. 2009. Heat tolerance in Brazilian sheep: Physiological and blood parameters. *Trop. Anim. Health Prod.* 41:95-101.
- McMeniman, N. P. Pepper, P. M. 1982. The Influence of Environmental Temperature and Rainfall on the Water Intake of Sheep Consuming Mulga (*Acacia aneuria*). In *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 14:443-6.

- Mitlöhner, F. M., Galyean, M. L., McGlone, J. J. 2002. Shade effects on performance, carcass traits, physiology, and behavior of heat-stressed feedlot heifers. *J. Anim. Sci.* 80:2043-2050.
- Mitlöhner, F. M., Morrow, J. L., Dailey, J. W., Wilson, S. C., Galyean, M. L., Miller, M. F., McGlone, J. J. 2001. Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 79:2327–2335.
- Muller, C. J. C., Botha, J. A. 1994. Effect of shade on various parameters of Friesian cows in a Mediterranean climate in South Africa. 1. Feed and water intake, milk production and Milk composition. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 24:49-55.
- Neves, M.L.M.W., de Azecedo, M., da Costa, L.A.B., Guim, A., Leite, A.M., Chagas, J.C. 2009. Critical levels of the thermal comfort index for Santa Ines sheep under grazing at the agreste region of Pernambuco state. *Acta Sci. Anim. Sci.* 31:169-175.
- NRC. Nutrient Requirements of Small Ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Natl. Acad. Press, Washington, DC; 2007.
- NRC.1981. Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals. National Academic, Washington, DC, pp75-84. NRC.1981. Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals. National Academic, Washington, DC, pp75-84.
- Odeón, M. M., Romera, S. A. 2017. Estrés en ganado: causa y consecuencias. *Rev. Vet.* 28:69-77.

- Okoruwa, M.I. 2014. Effect of heat stress on thermoregulatory, live bodyweight and physiological responses of dwarf goats in southern Nigeria. *Eur. J. Sci. Res.* 10:1857-7881.
- Olazarán, J. S., Rojas, R. O. 2001. Sistemas de producción con ovinos. Memorias de los simposios. XXXVII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. INIFAP-SAGARPA, Tuxtla Gutiérrez. Chiapas, México, 35-47.
- 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.*26:1.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2012. Fuentes de Carne. En sitio internet: [http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr\\_sources.html](http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr_sources.html)
- Ostrowski, S., Williams, B. J., Khairi I. 2003. Heterothermy and the water economy of free-living Arabian oryx (*Oryx leucoryx*). *J. Exp. Biol.* 206:1471-1478.
- Padilla, R. F. J., Hernández, L. J. J., Román, P. H. Mendoza, R. P. 1985. Crecimiento, respuestas fisiológicas y comportamiento reproductivo del borrego Tabasco o Pelibuey con y sin sombra en clima tropical. *Tec. Pec. Mex.* 49:98-105.
- Piccione, G., Messina, V., Vazzana, I., Dara, S., Giannetto, C., Assenza, A. 2012. Seasonal variations of some serum electrolyte concentrations in sheep and goats. *Comp Clin Pathol* 21:911-915.
- Raggi, S. L., Sanz, S. R., Guerrero. G. E. Boza, L. J. 1985. Fisiología ambiental de la cabra. *Monografías de Medicina Veterinaria.* 7:1.
- Roca, C. A. J. 2011. Efecto del estrés calórico en el bienestar animal, una revisión en tiempo de cambio climático. *Espanciencia* .2:15-25.

Romero, M. J. 2005. Zootecnia de Ovinos. En sitio internet:  
[http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/p\\_estudios/apuntes\\_zoo/unidad\\_4\\_ovinos.pdf](http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/p_estudios/apuntes_zoo/unidad_4_ovinos.pdf)

Rovira, P. 2002. Efecto de la sombra artificial en el engorde de novillos durante los meses de verano. INIA. p.79-95.

Rovira, P. J., Velasco, J. I. 2007. Sombra: buena para el ganado, mejor para el productor. INIA. 13:1-2.

Russel, A. J. F., Doney, M. J., Gunn, R. G. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. J. agric. Sci. Camb. 72:451-454.

SAGARPA. 2014. Población ganadera. En sitio internet:  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/98280/Poblaci\\_n\\_Ganadera\\_resum\\_en.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/98280/Poblaci_n_Ganadera_resum_en.pdf)

Sanmiguel, P. R.A., Diaz, A. V. 2011. Mecanismos fisiológicos de la termoregulación en animales de producción. Rev. Colomb. de Cienc. Ani. 4:88-94.

SAS, SAS/STAT. 2004. User's guide statistics (released 9.2). Inc. Cary, NC, USA; SAS Inst. Inc.

Seixas, L., de Melo, C. B., Menezes, A. M., Ramos, A. F., Paludo, G. R., Peripolli, V., McManus, C. 2017. Study on environmental indices and heat tolerance tests in hair sheep., Trop. Anim. Health Pro. 49:975-982.

Sejian, V., Kumar, D., Gaughan, J. B., Naqvi, S. M. 2017. Effect of multiple environmental stressors on the adaptive capability of Malpura rams based on physiological responses in a semi-arid tropical environment. J. Vet. Behav. 17:6-13.

Sevi, A., Annicchiarico, G., Albenzio, M., Taibi, L., Muscio, A. Dell'Aquila, S. 2001. Effects of solar radiation and feeding time on behavior, immune response and

- production of lactating ewes under high ambient temperature. *J. Dairy Sci.* 84:629-640.
- Silanikove, N. 1987. Impact of shelter in hot mediterranean climate 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: 281:300.
- Silanikove, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest. Prod. Sci.* 67:1-18.
- Srikandakumar, A., Johnson, E. H., Mahgoub, O. 2003. Effect of heat stress on respiratory rate, rectal temperature and blood chemistry in Omani and Australian Merino sheep. *Small Ruminant Res.* 49:193-198.
- Stritzler, N. P.1991. Factores que afectan el consume de agua en bebida de animales domésticos. *Rev. Fac. Agronomía-UNLPam.* 6:40-59.
- Titto, G. C., Verissimo, J. C., Franco, P. A. M., De Mira, G. A., Morita, K. L., Lencioni T. E. A. 2016. Thermoregulatory response in hair sheep and wool sheep. *Small Ruminant Res.* 144:431-345.
- Valentine, J.F. 1990. *Grazing Management.* Academic Press, Inc., San Diego, Calif. Pp. 130-136.
- Vicente-Pérez, R., Avendaño-Reyes, L., Álvarez, F. D., Correa-Calderón, A., Meza-Herrera, C. A., Mellado, M., Quintero, J. A., Macías-Cruz, U. 2015. Comportamiento productivo, consumo de nutrientes y productividad al parto de ovejas de pelo suplementadas con energía en el preparto durante verano e invierno. *Arch Med Vet.* 47:301-309.