



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**EFFECTO DEL ESTADO FISIOLÓGICO DE OVEJAS BLACKBELLY EN LA
RESPUESTA TERMORREGULATORIA DURANTE EL VERANO EN UNA
REGIÓN TROPICAL**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

SALMA DOMÍNGUEZ MARTÍNEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. EDGAR VALENCIA FRANCO

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Junio de 2023



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**EFFECTO DEL ESTADO FISIOLÓGICO DE OVEJAS BLACKBELLY EN LA
RESPUESTA TERMORREGULATORIA DURANTE EL VERANO EN UNA
REGIÓN TROPICAL**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

SALMA DOMÍNGUEZ MARTÍNEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. EDGAR VALENCIA FRANCO

ASESORES

DR. EUTIQUIO SONÍ GUILLERMO

DR. MARCOS PEREZ SATO

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Junio de 2023

La presente tesis titulada: **Efecto del estado fisiológico de ovejas Blackbelly en la respuesta termorregulatoria durante el verano en una región tropical**, realizada por **Salma Domínguez Martínez**, ha sido revisada y aprobada por el Consejo Particular, para obtener el título de:

LICENCIADO(A) EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

Consejo Particular integrado por:

Firma

rector: Dr. Edgar Valencia Franco

Asesor: Dr. Eutiquio Soní Guillermo

Asesor: Dr. Marcos Pérez Sato

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Junio de 2023.

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado: Producción Pecuaria Integral de la línea de investigación: Producción de Rumiantes y No rumiantes. Dicho trabajo fue financiado con recursos propios.

DEDICATORIA

A Dios y al universo le doy gracias por darme el grandioso regalo de poder tener salud, amor, comprensión de parte de todos mis seres queridos que a pesar del tiempo y adversidades que presente en este lapso de tiempo dios nunca me dejo sola, solo tu sabes lo mucho que desee llegar hasta acá, desde el día uno que Sali de mi casa con una maleta llena de sueños y aspiraciones, gracias dios por todos tus gestos de amor que día a día me das, toda la abundancia que en mi derramas por hacerme una mujer de bien, feliz y plena por todas las noches y días que por mi velaste y acompañaste siempre estuviste ahí conmigo en mis mejores y peores días donde hubo sol y neblina en mi cuarto y en mi salón siempre te siento conmigo gracias por todas las veces que te pedí que me ayudaras en mis exámenes, proyectos, exposiciones y siempre lo hiciste, gracias.

A mis padres Saul Domínguez Aguirre y Maribel Martínez Gómez que son lo más importante en mi vida y en este logro ambos me han enseñado infinidad de cosas me faltaran palabras y tiempo para siempre agradecerles lo buenos que son conmigo y por lo mucho que me han dado pero centrémonos en lo académico gracias por que en toda mi carrera como estudiante nunca tuve que preocuparme por trabajar por que ustedes siempre cubrieron todos los gastos económicos, gracias papa por enseñarme a exponer enfrente de mucha gente y no tener miedo incluso cuando las posibilidades de salir victorioso son mínimas por que ser terca y perseverante lo herede muy bien de ti, mami gracias por todas la veces que incluso a distancia te preocupaste si ya había comido o si llegue a tiempo a la escuela, por ponerme mis toppers de comida los domingos, por llegar a casa y recibirme con los brazos abierto siempre y preguntarme como me había ido toda la semana, gracias a los dos por darme un hogar y una hermosa familia por que gracias a ustedes se que es estar a salvo y en un lugar lleno de amor y paz, los amo papás gracias.

A mi hermana Nayeli Domínguez Martínez gracias por ser mi amiga incondicional por siempre estar ahí cuando te necesito por todas las veces que me trajiste y venias por mi sin importar el día, la hora o el clima, por preguntarme como me sentía y saber si estaba bien, por esperarme en casa con los brazos abierto siempre, gracias por alegrarte por mis logros te amo mucha manita.

A mi novio Aliber Luna Rosas chiqui gracias por confiar en mi y mis sueños gracias por acompañarme cuando no podía dormir o cuando te platicaba de temas que a lo mejor no entendías, pero les ponías el mismo entusiasmo que yo por verte a estar conmigo cuando no me acostumbraba y comprarme todo lo que necesitaba para ser la más cool y más, gracias por animarme siempre y recordarme lo importante, valiosa, capaz que soy te amo infinitamente.

A mis amistades Andrea Bonilla Hernández, Fernanda Vargas Martínez, Camelia Hernández Vergara por brindarme su amistad, cariño y lealtad en todos estos años gracias por formar un gran equipo de trabajo siempre recordare todas nuestras anécdotas juntas las quiero mucho siempre las llevaré en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por aceptarme ser parte de su equipo estudiantil, a la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias en el programa de ingeniería agronómica y zootecnia por ayudarme en mi formación académica. A los doctores y maestros de la universidad por brindarme de sus conocimientos y su valiosa amistad. Al Doctor Edgar Valencia franco por su paciencia, consejos que me brindo durante toda la etapa de la universidad e incluso más en el desarrollo de mi tesis. A mi consejo particular que me apoyo en la revisión de mi trabajo al doctor Eutiquio Soni Guillermo y al doctor Marcos Pérez Sato no me queda más que decirles gracias por brindarme sus conocimientos, consejos y amistad.

ÍNDICE

Contenido	Página
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
II. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos específicos	4
III. HIPÓTESIS	5
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	6
4.1. Inventario de ganado ovino en México y el mundo	6
4.2. Panorama de la producción de carne de ovino en el mundo	7
4.3. Situación de la ovinocultura en México.....	8
4.4. Situación de la ovinocultura en el estado de Guerrero y en la región Costa Grande.....	9
4.6. Sistemas de producción de ovinos en México.....	10
4.7. Efectos del calentamiento global sobre la producción pecuaria y el bienestar animal	12
4.8. Estrés calórico en el ganado ovino durante el verano.....	13
4.9. Termorregulación en ovinos de pelo	15
V. MATERIALES Y MÉTODOS	18
5.1. Área de estudio	18
5.2. Animales y tratamientos.....	19
5.5. Alojamiento y alimentación	20
5.6. Análisis estadísticos	20
VII. CONCLUSIÓN	31
VIII. LITERATURA CITADA	32

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Países con mayor población ovina en América.....	7
Cuadro 2. Variables climáticas registradas por hora del día en la estación de meteorológica.....	22
Cuadro 3. Índice de temperatura-humedad (ITH) e Índice de Temperatura-Humedad- Viento- radiación (ITHA) por hora del día.....	26
Cuadro 4. Variables climáticas registradas durante día y noche en la estación meteorológica	27
Cuadro 5. Temperatura registrada en diferentes partes corporales de las ovejas y crías en dos horas del día.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Distribución por continentes de la población de ovinos (FAO, 2016)	6
Figura 2. Distribución de la población ovina en América (FAO,2016)	7
Figura 3. Producción de carne en América (FAO, 2013)	8
Figura 4. Ubicación geográfica del área de estudio (Google Eart, 2021).....	18
Figura 5. Temperaturas de la piel en las diferentes partes corporales en las crías y ovejas en la mañana.....	28
Figura 6. Temperaturas en las diferentes partes corporales en crías y ovejas en la tarde.....	29

RESUMEN

En el verano las altas temperaturas ambientales alteran la termorregulación de las ovejas de pelo, afectando la producción, la reproducción y la salud. El objetivo del presente estudio fue determinar si las ovejas de raza Blackbelly presentan estrés calórico durante el verano bajo condiciones de trópico de Guerrero. Veintiuna hembras ovinas de raza Blackbelly fueron divididas en dos grupos (G1 y G2): el G1 = 14 ovejas multíparas gestantes y el G2 = 7 corderas de 4 meses de edad. Fue medido el índice de temperatura y humedad (ITH), así como las temperaturas de la piel de diferentes regiones anatómicas de las ovejas: cabeza, cuello, escapula, ijar derecho, anca, pierna y vientre. En el estudio se usó un diseño de bloques completos al azar con mediciones repetidas en el tiempo. Las medias fueron comparadas con la prueba de Tukey. Los resultados registrados para las temperaturas de la piel en las diferentes zonas corporales fueron estadísticamente diferentes ($p < 0.001$) entre las ovejas multíparas y las corderas, hora de la mañana con la tarde e interacción estadística entre la edad con la hora del día. De la misma manera, durante la tarde las temperaturas de la piel (diferentes zonas corporales) en las corderas continúan bajas, a excepción del vientre 36.018 ± 2.914 °C. Cabe señalar que la máxima temperatura se registró en ovejas adultas en la zona del anca con 42.010 ± 6.934 °C. Se concluye que las hembras ovinas Blackbelly presentaron estrés calórico severo durante el verano. Esto por las altas temperaturas de la piel e ITH.

Palabras clave: Ovinos de pelo, Blackbelly, estrés calórico, normotermia, adaptación fisiológica.

ABSTRACT

The aim of this study was to determine if Blackbelly ewes have heat stress during the summer under tropical conditions in Guerrero. Twenty-one female Blackbelly sheep were divided into two groups (G1 and G2): G1 = 14 pregnant multiparous ewes and G2 = 7 4-month-old lambs. The temperature and humidity index (THI) was measured, as well as the skin temperatures of different anatomical regions of the sheep: head, neck, scapula, right flank, haunch, leg and belly. The results recorded for the temperatures of the skin in the different body zones were statistically different ($p < 0.001$) between the multiparous ewes and the lambs, time of the morning with the afternoon and statistical interaction between the age with the time of day. In the same way, during the afternoon the skin temperatures (different body zones) in the ewe lambs continue to be low, except for the belly, $36,018 \pm 2,914$ °C. It should be noted that the maximum temperature was recorded in adult sheep in the haunch area with $42,010 \pm 6,934$ °C. It is concluded that female Blackbelly sheep presented moderate heat stress during the summer. This is due to the high temperatures of the skin and THI.

Key words: Hair sheep, Blackbelly, heat stress, normothermia, physiological adaptation.

I. INTRODUCCIÓN

El calentamiento global es el principal factor ambiental que compromete la producción de proteína y el bienestar animal (Sejian *et al.*, 2017). En el noroeste de México, existen estudios en bovinos (Avendaño-Reyes *et al.*, 2007) y ovinos (Macías-Cruz *et al.*, 2013) donde se demuestra que existe estrés calórico (EC) durante el verano debido a las altas temperaturas e índice de temperatura y humedad (ITH) (Avendaño-Reyes, 2012; Macías-Cruz *et al.*, 2013). En cambio, en regiones tropicales de México no existe información sobre el comportamiento termorregulatorio de ovejas de pelo. En la región Costa Grande de Guerrero existen algunos resultados donde se demuestra que las ovejas de pelo presentan EC moderado durante el verano (Ponce-Covarrubias *et al.*, 2021; Ruiz *et al.*, 2021). En ovinos, estas variables fisiológicas aumentan cuando incrementa el ITH, >72 unidades (López *et al.*, 2015), sin embargo, Marai *et al.* (2007) mencionan que el EC comienza a partir de las 82 unidades [clasificación: EC moderado (82 a <84), severo ((≥84 a <86) y muy severo (≥86)]. Lo anterior, se refleja en problemas de termorregulación de las ovejas y consecuencias graves para la reproducción, gestación y producción (Roberto *et al.*, 2005; Vicente-Pérez *et al.*, 2016). En climas áridos las elevadas temperaturas del verano tienen un impacto negativo en la capacidad productiva y reproductiva de los animales domésticos específicamente en los ovinos (Marai *et al.*, 2007). Los ovinos de razas de pelo como la Pelibuey, Dorper, Katahdin o sus cruza tienen alta capacidad para adaptarse a condiciones climáticas adversas, de tal manera que durante el verano estas razas han mostrado la capacidad de termorregular su cuerpo (Rzedowski, 2006) sin comprometer drásticamente la actividad reproductiva y productiva (Macías-Cruz *et al.*, 2016). Algunos estudios han demostrado que los ovinos de pelo pueden adaptarse fácilmente a condiciones de EC

(Gastelum-Delgado *et al.*, 2015; Macías-Cruz *et al.*, 2013). Estos animales tienen la capacidad de activar mecanismos fisiológicos, metabólicos y endocrinológicos, los cuales ayudan a mantener un balance de agua corporal adecuado y condiciones de homotermia en temperaturas ambientales de 38.3 a 39.9 °C, a un costo energético bajo (Macías-Cruz *et al.*, 2013; Macías-Cruz *et al.*, 2016). Además de la temperatura y la humedad relativa, la radiación solar junto con la baja velocidad del viento aumenta la carga de calor del animal, lo que resulta en un bajo rendimiento, disminución del confort animal y la muerte (Mader *et al.*, 2006).

Diferentes índices han sido propuestos para identificar condiciones de estrés en diferentes sistemas de producción animal. Entre los índices más utilizados se encuentra el índice de temperatura-humedad (Thom, 1959) y ITHA ajustado por velocidad del viento y radiación (Mader *et al.*, 2006, Mader *et al.*, 2002). Estos índices han sido desarrollados especialmente para el verano y utilizan algunas variables ambientales como información de entrada que permiten identificar cambios en el comportamiento y desempeño productivo del ganado (Arias *et al.*, 2008).

El ITH se ha utilizado eficazmente como indicador de EC, es recomendable realizar un ajuste donde se incluya la radiación y velocidad del viento. Estos dos factores pueden influir en gran medida en la carga de calor, además los cambios en la velocidad del viento dan como resultado un enfriamiento por convección ayudando a disminuir el EC (Brosh *et al.*, 1998). Lo anterior, se refleja en problemas de termorregulación para mantener la zona de confort en las ovejas y consecuencias graves para la reproducción, gestación y producción (Marai *et al.*, 2007). Algunos estudios mencionan que los ovinos de pelo pierden hasta el 60 % del calor por vía respiratoria (McManus *et al.*, 2009). Activando los mecanismos de termorregulación comunes como evaporación, conducción, convección y

radiación (Marai *et al.*, 2007). La termografía infrarroja a través de cámaras y termómetros infrarrojos tipo pistola son herramientas útiles para medir las temperaturas de la piel en animales de producción (Barragán *et al.*, 2015). Esto permite disminuir el uso de técnicas invasivas como el termómetro digital lubricado introducido en el recto para registro de la temperatura rectal (Valdivia-Cruz *et al.*, 2021). Lo anterior, demuestra que la tecnología funciona como herramienta para medir el efecto del EC en ovinos en ambientes cálidos (Vicente-Pérez *et al.*, 2016; Barragán *et al.*, 2015).

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar si las ovejas de raza Blackbelly presentan estrés calórico durante el verano bajo condiciones de trópico de Guerrero.

2.2. Objetivos específicos

- ✓ Evaluar las constantes fisiológicas de las ovejas estresadas por calor durante el verano.
- ✓ Analizar el comportamiento de las temperaturas de la piel en ovejas estresadas por calor.
- ✓ Calcular el índice de temperatura y humedad (ITH) e índice de temperatura y humedad ajustado por radiación y viento (ITHA) durante el verano en condiciones de trópico.
- ✓ Registrar el comportamiento de las variables climáticas durante el verano en condiciones de trópico.

III. HIPÓTESIS

Las ovejas de raza Blackbelly presentan estrés calórico durante el verano en condiciones de trópico de Guerrero, México.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Inventario de ganado ovino en México y el mundo

A nivel mundial el mayor porcentaje de ovinos se encuentra en África y Asia con el 70 %, mientras que en América cuenta con más de 87 millones de cabezas (7.2% de la población mundial) (FAO, 2016) (Figura 1).

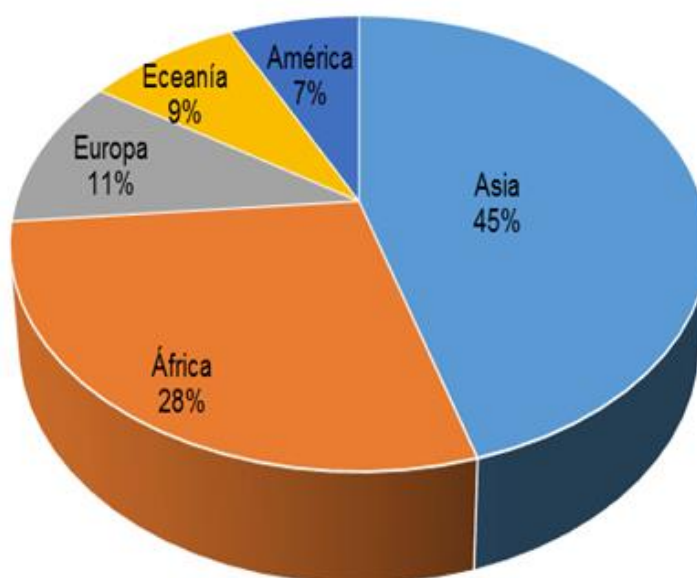


Figura 1. Población de ovinos en los continentes (FAO, 2016).

En el continente americano, México cuenta con 8,575,908 cabezas (9.85%) y se encuentra en la quinta posición (Cuadro 1). El país con mayor inventario de ovinos es Brasil, seguido de Argentina y Perú, 20.23%, 16.88% y 14.26%; respectivamente (Figura 2) (FAO, 2016).

Cuadro 1. Países con mayor población ovina en América.

Países	Cabezas	Países	Cabezas
Brasil	17,614,454	Uruguay	8,200,000
Argentina	14,700,000	EUA	5,245,000
Perú	12,415,395	Chile	3,300,000
Bolivia	9,499,147	Cuba	2,173,400
México	8,575,908	Canadá	874,700

Tomado de la FAO (2016).

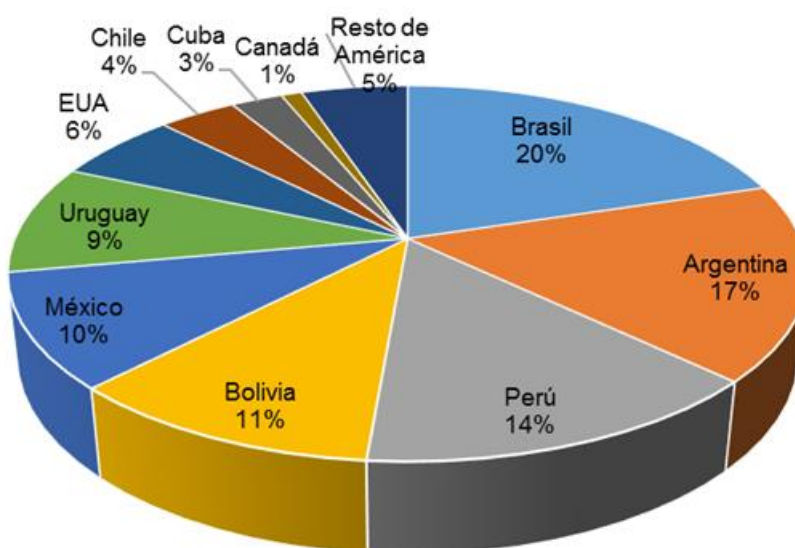


Figura 2. Distribución de la población ovina en América (FAO, 2016).

4.2. Panorama de la producción de carne de ovino en el mundo

La producción de carne de ganado ovino ocupa el cuarto lugar dentro del consumo de proteína de origen animal, representando 5 % del consumo mundial de cárnicos (Carrera, 2018). Los países con mayor población ovina son China (16.71 %), Australia (6 %), India

(5.21 %) e Irán (4.15 %) (SIAP, 2016). En América, México es el tercer productor de carne, luego de Brasil y los Estados Unidos (Figura 3) (FAO, 2016).

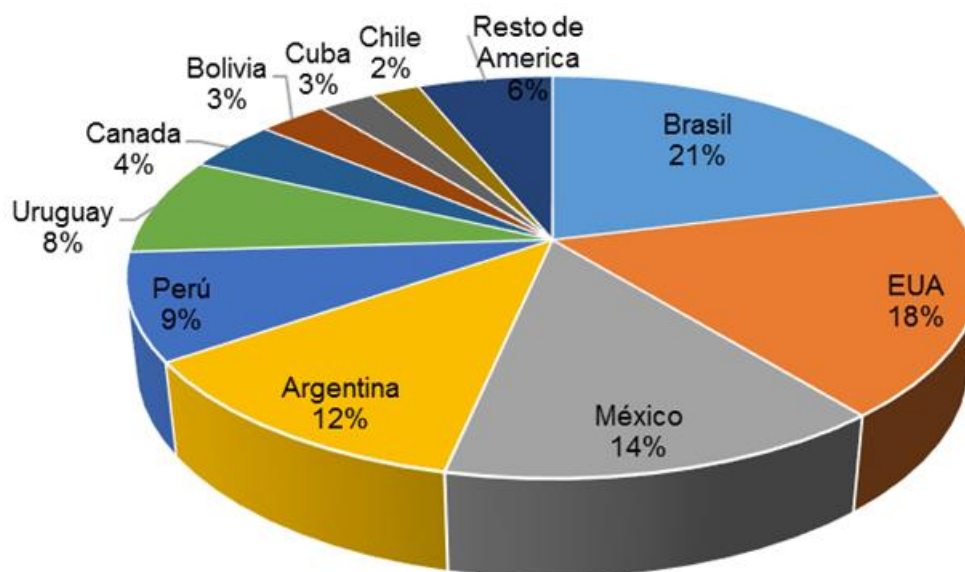


Figura 3. Producción de carne de ovino en América (FAO, 2016).

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y la FAO, para el año 2026 el consumo mundial de carne de ovino llegará a 2.1 kilogramos (kg) per cápita, área en la China seguirá siendo el principal productor con cuatro millones de toneladas al año (30 % del total mundial).

4.3. Situación de la ovinocultura en México

México tiene potencial para la producción de ganado ovino ya que cuenta con diferentes regiones agroecológicas (templadas, semiáridas y tropicales) idóneas para esta actividad pecuaria ya que debido a estas condiciones climáticas de produce suficiente forraje para criar ovinos en diferentes sistemas de producción (Ríos,2008). En el 2017, de acuerdo con cifras del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), el inventario de ganado ovino alcanzó las 8,902,451 cabezas; gracias a esto se han podido reducir las importaciones (74 %) de otros países (ONU, 2018).

En el país los estados con mayor inventario son: Estado de México, Hidalgo, Veracruz, Oaxaca y Puebla; 16.29 %, 13.65 %, 7.81 %, 5.86 % y 5.68 %; respectivamente. En el 2019, la cantidad de producción de carne de ovino en México superó las 64,000 toneladas métricas, lo anterior represento un incremento 1.7 % comparado con el volumen de producción reportado un en 2018e (Statista, 2021).

4.4. Situación de la ovinocultura en el estado de Guerrero y en la región Costa Grande

El inventario de ganado ovino en el Estado de Guerrero no ha presentado cambios relevantes del año 2007 a 2016, manteniéndose en explotación un promedio anual de 0.11 millones de cabezas (SAGARPA, 2018).

De acuerdo con el Informe de población ganadera del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), para el cierre del año 2016 el inventario de ganado ovino en el Estado fue de 141,011 cabezas, lo que representó para ese año el 1.6 % del total Nacional (SIAP, 2016).

La región de la Costa Grande ocupa el 2° lugar en cabezas de ganado ovino (10,474 cabezas), siendo la Montaña el 1° lugar con 15,710 cabezas, Tierra Caliente 3° lugar con 7,788 cabezas y la región Norte 4° con 7,105 cabezas (SAGARPA, 2018).

4.5. La raza Blackbelly y su importancia en México

En los últimos años, el interés sobre los ovinos de razas de pelo ha crecido significativamente debido a la prolificidad y a la gran capacidad de adaptación como la raza Blackbelly (Ríos, 2008). La raza Blackbelly fue de las primeras razas de pelo introducidas a México y en la actualidad constituye, junto con la raza Pelibuey la base de la producción

ovina tropical del país (Romualdo *et al.*, 2004; Dzib *et al.*, 2011; Arredondo *et al.*, 2016). Los ovinos Blackbelly son animales rústicos que se adaptan bien a los medios ambientes tropicales semiáridos. Estos animales tienen la capacidad de tolerar variaciones de temperatura y humedad, presentando adaptación fisiológica a regiones tropicales y adaptándose al estrés calórico (De Lucas, 2007). Frecuentemente, se ha observado que las ovejas mantienen una buena habilidad materna lo que con lleva a que, sean son excelentes madres. Normalmente su producción de leche es buena y puede destetar cómodamente hasta tres corderos si se le suministra el suficiente alimento (Sandoval, 1998).

Las razas de ovejas Blackbelly y Pelibuey tienen un manejo parecido bajo las condiciones adversas por lo que comparten características destacadas como la ausencia de estacionalidad, en parámetros reproductivos altas tasas de fertilidad y prolificidad, capacidad para adaptarse a altas temperaturas, humedad, así como, a los parásitos, la escasez de alimento, entre otras condiciones ambientales adversas (González *et al.*, 1992; Carrillo y Segura, 1993; Wildeus, 1997; Dzib *et al.*, 2011). Todas estas características favorecen a que la raza Blackbelly puede ser usada como vientre en rebaños de regiones de trópico como las que presenta la Costa Grande de Guerrero, sin que afecte su productividad.

4.6. Sistemas de producción de ovinos en México

La producción de ganado ovino en México se realiza bajo sistemas de pastoreo tradicionales, con escasa tecnología y baja productividad. Bajo este contexto se distinguen tres regiones: la región norte, que basa su producción en ovinos de lana y cruza con razas para carne con sistemas tecnificados; la región centro, que produce con ganado cruzado (Suffolk o Hampshire con razas de pelo, y se efectúa de manera importante en zonas

marginadas, en agostaderos y en terrenos con residuos agrícolas (Hernández-Marín , 2018). La región sur y sureste se describen con características tropicales donde destacan razas de pelo (Pelibuey y Blackbelly) con especializadas en carne (Dorper y Katahdin) (Hernández-Marín , 2018). Por otro lado, para la clasificación de los sistemas de producción ovina puede hacerse considerando la intensidad del régimen de producción (intensivo, semi-intensivo y extensivo) o propósito fundamental (comerciales y de autoconsumo-ovinocultura social) (Partida *et al.*, 2013). El sistema extensivo se basa, principalmente, en el aprovechamiento de los pastos naturales y muy pocas veces se utilizan praderas cultivadas. La conversión alimenticia de los pastos nativos es muy pobre en los distintos ambientes, debido al terreno, clima y condiciones topográficas (Romero *Et al.*,2013). Por otra parte, el sistema intensivo en México se practica muy poco y se encuentran principalmente en la zona centro, este sistema se caracteriza por tener un alto grado de tecnificación, por lo que son considerados como empresas productivas (Esminger, 1976). En este sistema se utilizan programas productivos considerando las diferentes etapas de producción de los animales, la medicina preventiva, la economía, la administración y el mercado. Se llevan registros de producción y, un control más estricto de la productividad de la empresa de ovinos (Torres *et al.* 1996). El sistema mixto es una combinación de los dos anteriores, en los cuales la producción se basa en el pastoreo diurno con pastos nativos o introducidos y se puede o no, suplementar con concentrado a los animales al regresar al encierro durante la tarde-noche (Romero *Et al.*, 2013).

4.7. Efectos del calentamiento global sobre la producción pecuaria y el bienestar animal

El efecto del clima en la producción animal ha sido estudiado desde hace aproximadamente medio siglo, lográndose importantes avances en el entendimiento de los aspectos fisiológicos y de comportamiento animal bajo condiciones de climas calientes (Alonso-Spilsbury *et al.*, 2012). Actualmente, es posible evaluar en forma conjunta el efecto de factores climáticos (radiación solar, humedad relativa, temperatura ambiental, velocidad del viento, precipitaciones), factores fisiológicos (constantes fisiológicas, hormonas metabólicas y tiroideas, etc.) y de manejo (genotipo, nivel energético de la dieta, sombras, etc.) (Arias *et al.*, 2008). En conjunto, estos factores tienen un efecto directo sobre el bienestar animal (alteración de constantes fisiológicas), y sus índices productivos (ganancia de peso diaria, producción diaria de leche, conversión de alimento y tasa de preñez) (Mitloehner *et al.*, 2001; Brown-Brandl *et al.*, 2006). Otros factores que influyen en la productividad del ganado en zonas áridas y tropicales, el forraje de baja calidad, la disponibilidad limitada del agua, las altas temperaturas ambientales y los niveles elevados de radiación solar directa e indirecta (Bañuelos-Valenzuela y Sánchez-Rodríguez, 2005). Otro valor empleado en la evaluación de bienestar en animales bajo estrés calórico, en ganado de engorda en corral, es la calificación de jadeo (escala de 0 a 4, dependiendo el número de respiraciones por minuto y la presencia de sialorrea) (Mader *et al.*, 2002) acompañada del índice de carga calórica, donde los valores 96, son extremos, aunque para ello existen diferencias entre razas de ganado para la tolerancia al calor (Gaughan *et al.*, 2010).

En los ovinos, las altas temperaturas ambientales afectan negativamente el desarrollo y productividad, ya que disminuyen el consumo de alimento e incrementan las

demandas de energía por la activación de los mecanismos de termorregulación (Vicente-Pérez *et al.*, 2020). Los ovinos bajo EC presentan baja fertilidad, desarrollo y crecimiento fetal, así como, escasa ganancia de peso y eficiencia alimenticia durante la engorda (Marai *et al.*, 2007; Macías-Cruz *et al.*, 2013; Vicente-Pérez *et al.*, 2015). Asimismo, las características de la canal y calidad de la carne también son afectadas negativamente por temperaturas altas ambientales y cuando los animales se encuentran estresados por calor (Macías-Cruz *et al.*, 2013; Al-Dawood, 2017). Es necesario mencionar que el efecto del EC sobre la productividad de los ovinos depende del nivel de adaptación de cada raza, siendo las razas de lana las más susceptibles que las razas de pelo (Vicente-Pérez *et al.*, 2020). Los ovinos de razas nativas de las regiones áridas y semiáridas son los que mayor adaptación tienen al EC (Al-Dawood, 2017; Shinde y Sejian, 2013); por consiguiente, la selección de razas apropiadas es una estrategia efectiva para mantener la producción de carne ante el escenario del cambio climático que se vive actualmente a nivel mundial (Sejian *et al.*, 2017).

4.8. Estrés calórico en el ganado ovino durante el verano

Los ovinos, especialmente los ovinos de pelo a diferencia de otras especies domésticas, han logrado adaptarse a una amplia variedad de regiones agroecológicas donde el clima es caliente y húmedo (Henry, 2018). Para lograr lo anterior, los ovinos realizan diferentes ajustes fisiológicos, endocrinos, metabólicos y celulares de aclimatación que les permiten sobrevivir y reproducirse (Collier *et al.*, 2019).

El EC ésta relacionado con el consumo de alimento, al disminuir el consumo de alimentos se produce una reducción del funcionamiento de la glándula tiroides (Marai *et al.*, 2007), lo cual afecta negativamente la tasa de crecimiento, peso al sacrificio y calidad

de la carne, entre otros. Algunos factores (temperatura y humedad relativa) tales como la circulación, respiración, ultrafiltración renal, metabolismo, termorregulación y control hormonal, afecta la capacidad de producción, fertilidad, desarrollo placentario y fetal, salud crecimiento y la producción de leche (Araúz, 2009).

En algunos estudios realizados en la región árida y seca del noreste de México durante la época de verano, se ha documentado que la capacidad productiva y reproductiva de los ovinos de razas de pelo no se merma drásticamente durante los meses del verano (Macías-Cruz *et al.*, 2010; Macías-Cruz *et al.*, 2013). En el país, los ovinos de razas de pelo han mostrado tolerar adecuadamente condiciones climáticas de EC en regiones calientes. las altas temperaturas en estas regiones no han sido un factor que contribuya drásticamente a disminuir la capacidad reproductiva (Macías-Cruz *et al.*, 2016; Macías-Cruz *et al.*, 2015; Gastelum-Delgado *et al.*, 2015) y el crecimiento de las crías (Macías-Cruz *et al.*, 2013). Así que los ovinos de pelo son razas adaptadas a climas cálidos, con una plasticidad fisiológica y metabólica que les permite tolerar este tipo de ambientes sin comprometer su productividad (Macías-Cruz *et al.*, 2016). En un estudio sobre EC de ovinos realizado durante el verano de 2015 en el Valle de Mexicali, Baja California, cuantificaron variables hematológicas, electrolitos y metabolitos medios en corderas con y sin acceso a sombra para tener evidencias de la capacidad de adaptación de los ovinos a los cambios ambientales, encontrando que no tuvieron diferencias importantes, sin embargo se sabe que bajo condiciones de EC severo los animales sufren cambios en sus procesos fisiológicos, bioquímicos y hematológicos (Vicente-Pérez *et al.*, 2018). Al respecto, otro estudio indicó que las ovejas de pelo mantienen condiciones de normotermia durante los veranos cálidos del noreste de México, debido a la activación de mecanismos adaptativos fisiológicos, los cuales favorecen la pérdida de calor corporal a través de la piel durante las horas menos

calientes del día (vías no evaporativas), e incrementan drásticamente la frecuencia respiratoria (FR; vía evaporativa) cuando el gradiente de temperatura rectal (TR) y ambiental es pequeño (Macías-Cruz *et al.*, 2016).

4.9. Termorregulación en ovinos de pelo

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 (Corrales, 2018). De acuerdo con Odongo *et al.*, (2006), la zona termoneutral del ovino se encuentra en un umbral de 32 °C y sus constantes fisiológicas como frecuencia respiratoria (FR), temperatura rectal (TR) y frecuencia cardíaca (FC), se encuentran dentro de un rango normal. Marai *et al.* (2000) mencionan que el índice de temperatura y humedad (ITH) mayor a 22.1 unidades es un indicativo de EC 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.

Los principales ajustes fisiológicos que emplean los ovinos EC son la radiación cutánea y la evaporación respiratoria (Macías-Cruz *et al.*, 2016). Por su parte, las respuestas endócrinas y metabólicas pueden ser de tipo agudo y crónico, según la duración del estrés (Al-Dawood, 2017).

Las respuestas agudas consisten en la liberación de cortisol y catecolaminas para proveer energía (Afsal *et al.*, 2018). Durante el EC crónico se presenta menor actividad tiroidea y un posible incremento de insulina (Mahjoubi *et al.*, 2015). Los ovinos de pelo han desarrollado a lo largo de los años diferentes adaptaciones fenotípicas que les confieren una mayor plasticidad térmica en comparación con razas de lana no adaptadas (Collier *et al.*, 2019). Las principales adaptaciones morfológicas que presentan estas razas para

soportar temperaturas de hasta 30° C sin comprometer su normotermia son: talla mediana con mayor superficie de contacto con el ambiente (Macías-Cruz *et al.*, 2018), mayor número de glándulas sudoríparas (Correa *et al.*, 2012), piel delgada y poco pigmentada (McManus *et al.*, 2011), así como presencia de pelo corto y poco denso (Correa *et al.*, 2012). Posiblemente, el origen de estas razas (climas cálidos) sea el responsable de las adaptaciones evolutivas mencionadas, las cuales favorecen las pérdidas de calor corporal por medios no evaporativos (McManus *et al.*, 2011). Las condiciones de hipertermia generan redistribución del flujo sanguíneo hacia la periferia del cuerpo para la disipación de calor por mecanismos no evaporativos, siendo la principal vía la radiación cutánea (Al-Dawood, 2017; Pantoja *et al.*, 2017). Las regiones corporales de mayor disipación son aquellas con un menor efecto aislante de la lana o pelo. Mientras que los ovinos de lana disipan mayor proporción de calor a través de las orejas y las piernas, áreas con poca lana (Marai *et al.*, 2007), los ovinos de pelo disipan más calor a través de la zona ocular y perianal, debido a la menor densidad y tamaño de pelo en estas regiones (McManus *et al.*, 2011; Macías-Cruz *et al.*, 2016).

El intercambio de calor entre el cuerpo y el ambiente a través de la piel también juega un papel importante en la termorregulación de ovinos de pelo estresados por calor (Marai *et al.*, 2007; Macías-Cruz *et al.*, 2016). Una temperatura de la piel mayor a la ambiental indica pérdidas de calor corporal, pero cuando es menor la temperatura de la piel se asume que hay una ganancia de calor ambiental (Marai *et al.*, 2007). El incremento de la FR es el ajuste fisiológico que mayor gasto de energía tiene, lo cual es debido a la gran cantidad de músculos que se contraen dentro y alrededor del tracto respiratorio (Indu *et al.*, 2015).

En condiciones termoneutrales, el ovino presenta FR entre 25 a 30 respiraciones por minuto (rpm), sin embargo, la frecuencia respiratoria bajo EC moderado varía de 40 a 60 rpm, mientras que bajo EC alto o severo puede aumentar de 80 hasta más de 150 rpm (Silanikove, 2000). Este incremento en la FR 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).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la Posta Ovina y Caprina de la Escuela Superior de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 3 “Campus Costa Grande”, Universidad Autónoma de Guerrero (Figura 4). El área de estudio se encuentra ubicada en el municipio de Tecpan de Galeana, Guerrero, México, en las coordenadas geográficas: 17°23'51" de Latitud Norte y 100°63'09" de Longitud Oeste. La región pertenece al trópico y el clima es característico de estas latitudes semicálido-subhúmedo, con una oscilación térmica muy extrema a través del año: temperatura anual promedio 26°C (rango: 20 a 32°C) y precipitación promedio anual de 1,050 mm (Díaz-Villaseñor *et al.*, 2016).



Figura 4. Ubicación geográfica del área de estudio (Google Eart, 2021).

5.2. Animales y tratamientos

En el estudio se utilizaron 21 hembras ovinas de raza Blackbelly las cuales fueron asignadas dos grupos (G1 y G2): el G1 = 14 ovejas multíparas gestantes y el G2 = 7 corderas de 4 meses de edad. Al inicio del estudio las ovejas contaban con un peso vivo promedio de 35 ± 5.5 kg y condición corporal (CC) de 2.6 ± 0.4 unidades, por su parte, las corderas con 17.5 ± 1.4 kg y CC de 2.4 ± 0.2 unidades (Russel *et al.*, 1969).

5.3. Variables climáticas

Los datos climáticos fueron solicitados vía correo electrónico al Sistema Nacional Meteorológico, estación meteorológica número 12,161 (Atoyac de Álvarez). Donde se proporcionó la siguiente información: dirección del viento (grados), dirección de ráfaga (grados), velocidad del viento (km/h), velocidad de la ráfaga (km/h), temperatura ambiental (°C), humedad relativa (%), presión atmosférica (hpa), precipitación (mm) y radiación solar (W/m^2). Los datos fueron registrados cada diez minutos durante 24.

Con la información anterior, se calculó el índice de temperatura-humedad (ITH) con la ecuación propuesta para ovinos (Kelly y Bond, 1971):

$$ITH = T - \{[0,55*(1-HR)] * (T-14,4)\}$$

De donde T representa la temperatura ambiental y HR la humedad relativa en decimales.

Además, se incorporó el Índice de Temperatura-Humedad-Viento-Radiación (ITHA) según Mader (2006):

$$ITHA = [4.51 + ITH - (1.992*VIE) + (0.0079*RAD)]$$

De donde VIE representan la velocidad del viento en km por hora y la RAD la radiación solar en unidades de vatios por metro cuadrado.

Se calculó el ITH e ITHA en tres horarios: mañana (6:00 a 12:00 h), tarde (12:10 a 18:00 h) y noche (18:10 a 5:50 h).

5.4. Temperaturas de la piel

Fueron medidas las temperaturas de la piel de diferentes regiones anatómicas de las ovejas: cabeza, cuello, escapula, ijar derecho, anca, pierna y vientre. Para medir estas temperaturas se utilizó un termómetro infrarrojo tipo pistola (Fluke^R, modelo 62 Max), proyectando la luz infrarroja a 30 cm de distancia. Todas las variables fueron registradas a las 7:00 h y nuevamente a las 15:00 h en cada una de las unidades experimentales.

5.5. Alojamiento y alimentación

Los animales fueron alojados en un corral construido con postes de madera y malla ciclónica (medidas: 13.20 m de largo y 13.80 m de ancho). Los comederos fueron de tablas de madera (medidas: 2.10 m de largo y 0.39 m de ancho, el segundo 1.14 m de ancho y 38 m de ancho), y bebederos de tinas de plástico (medidas: 0.96 m de ancho y 0.68 m de largo con una altura de 0.35 m).

Todos los ovinos permanecieron en pastoreo por la mañana (9:00 h) y en tarde (17:00 h), consumiendo pasto guinea (*Megathyrsus máximum*) y Grama (*Cynodon dactylon*). Se proporcionó agua a libre acceso solamente cuando regresaban del pastoreo al corral, estos se lavaban todos los días y cada semana eran desinfectados con cloro al 2%.

5.6. Análisis estadísticos

En el presente experimento todas las variables se sometieron a un análisis de varianza bajo un diseño de bloques completos al azar con mediciones repetidas en el tiempo, usando

el procedimiento GLM del SAS (2004), donde la medición repetida correspondió a los días de muestreo (15 días). Las medidas fueron separadas con el comando PDIFF a un nivel de significancia de 5%. Los promedios de las variables estudiadas se compararon con la prueba de Tukey (Duilio *et al.*, 2005).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Variables climáticas durante el verano en el trópico

Los datos estadísticos descriptivos para las variables climáticas se presentan en el Cuadro 2. Se observó un promedio y desviación estándar de la velocidad del viento de 4.5 ± 1.6 (mañana), 6.1 ± 2.1 (tarde) y 4.22 ± 1.72 km/h (noche). Respecto a la radiación solar, el mayor promedio se registró durante la mañana (561.7 ± 346.7 W/m²). La temperatura ambiental durante el experimento tuvo un promedio de 29.3 (mañana), 34.2 (tarde) y 28.5 °C (noche). La máxima temperatura ambiental registrada fue de 38.8 °C durante la tarde y una mínima de 24.7 °C, tanto en la mañana como en la tarde (Cuadro 2). Por otra parte, la humedad relativa tuvo un promedio de 70 % en la mañana y tarde, con máximas registradas de 90 %. Durante la noche se registró un promedio de 78 % de humedad relativa.

Cuadro 2. Variables climáticas registradas por hora del día en la estación meteorológica.

Variables	Mañana (6:00-12:00 h)			Tarde (12:10-18:00 h)		
	Media \pm DE	Min	Max	Media \pm DE	Min	Max
Dirección del viento (grados)	203.4 \pm 151.72	0	360	193.03 \pm 70.77	0	359
Dirección de la ráfaga (grados)	319.09 \pm 78.37	9	360	245.38 \pm 59.31	14	360
Rapidez del viento (km/h)	4.49 \pm 1.6	1.8	10.5	5.87 \pm 2.04	1.7	19.5
Rapidez de la ráfaga (km/h)	10.54 \pm 3.8	2.9	22.2	14.16 \pm 4.85	2.4	43.3
Temperatura del aire (°C)	29.34 \pm 3.13	24.8	36.8	34.23 \pm 2.85	25.8	38.8
Humedad relativa (%)	73.25 \pm 9.47	52	89	64.97 \pm 8.6	50	88
Presión atmosférica (hpa)	1006.89 \pm 1.55	1003.4	1011.2	1006.04 \pm 1.74	1002.6	1010.2
Precipitación (mm)	0.04 \pm 0.03	0	0.6	0.04 \pm 0.36	0	6.4
Radiación solar (W/m ²)	217.8 \pm 256.66	0	886	586.42 \pm 339.49	14	1190

Los resultados del ITH oscilaron entre 61 y 94 unidades (U) (Cuadro 3). Se obtuvieron ITH de 80 U durante la mañana, 86 U en la tarde y 80 U en la noche. Se registró un ITHA en la mañana de 77, 83 en la tarde y 76 durante la noche, con máxima de 90 U. A pesar de que el ITHA, incorpora variables climáticas como la velocidad del viento y la radiación solar las unidades fueron similares en magnitud de estrés por calor ya que el ITHA también superó las 80 unidades durante la tarde.

Las variables climáticas (viento, temperatura del aire, humedad relativa, presión atmosférica, precipitación y radiación solar) durante el verano se incrementan de acuerdo con las características ambientales. El viento ayuda a reducir los efectos del EC durante el verano mejorando los procesos de disipación de calor principalmente por vías de evaporación (Mader *et al.*, 2005). El flujo del viento es considerado como turbulento a velocidades mayores de 60 km/h, cuando su velocidad es muy baja (<1 km/h), se clasifica como brisa suave. Velocidades del viento mayores a 5 km/h facilita la transferencia de calor en ovinos (Arias *et al.*, 2008), este fenómeno pudo presentarse durante la tarde en donde se alcanzaron máximas de 19.5 km/h. Respecto a la radiación solar, el mayor promedio se registró durante la tarde. Comparado con los promedios de radiación solar de 800 W/m² en los meses de mayo, junio y julio en el Valle del Yaqui, Sonora, la presente investigación se encuentra en niveles más bajos a los reportados (Leyva-Corona *et al.*, 2015). La radiación solar directa e indirecta, es considerada como uno de los factores más importantes que afectan el balance térmico en el ganado (Silanikove, 2000). Otras investigaciones han demostrado que la radiación solar tiene un impacto directo en la TR y la FR (Leyva-Corona *et al.*, 2015; Collier *et al.*, 2006). La velocidad del viento y radiación solar, son variables de importancia ya que influyen sobre la temperatura ambiental y humedad relativa (West, 2003; Berman, 2010). Durante el estudio la temperatura ambiental

y humedad relativa máximas se presentaron durante la tarde y mínimas durante la mañana. La temperatura ambiental es probablemente la variable más investigada y utilizada como indicador de EC (Nicolás-López *et al.*, 2021; Arias *et al.*, 2008). El promedio de la temperatura ambiental es generalmente considerado como la principal medida térmica utilizada para estimar el confort animal (NRC, 1981). La zona termoneutral para ovinos en general ha sido ubicada entre 12 y 27 °C (Sejian *et al.*, 2017; Marai *et al.*, 2007). El límite superior de esta zona se considera a 30°C (Neves *et al.*, 2009). Comparado con el presente estudio los ovinos Blackbelly permanecieron fuera de la zona termoneutral durante las tres horas del día registradas en el municipio de Tecpan de Galeana, Guerrero, México. A partir de los 25 °C se aprecian los efectos del calor en el ganado, el calor se pierde o se gana principalmente por vía sensible (radiación, convección y conducción) o por vía evaporativa (jadeo y sudor). A medida que se elevan la temperatura y humedad ambientales, se dificulta la eliminación conduciendo a un incremento en la temperatura corporal (Leyva-Corona *et al.*, 2015). Diferentes índices han sido propuestos para identificar condiciones de estrés en diferentes sistemas de producción animal. Entre los índices más utilizados se encuentra el índice de temperatura-humedad (Thom, 1959) y ITHA ajustado por velocidad del viento y radiación (Mader *et al.*, 2006). Estos índices han sido desarrollados especialmente para el verano y utilizan algunas variables ambientales como información de entrada que permiten identificar cambios en el comportamiento y desempeño productivo del ganado (Arias *et al.*, 2008). Las combinaciones entre temperatura y humedad relativa durante la mañana, tarde y noche se clasifican un $ITH \geq 23$ U como condiciones ambientales suficientes para producir un EC en ovinos (Kelly y Bond, 1971). Por lo que los ovinos Blackbelly del presente estudio permanecieron durante las tres horas del día bajo EC clasificado como severo. Este resultado supera lo reportado por Macías *et al.* (2010) durante el mes de junio (ITH de 20,4

y 28,5 U) en ovinos, sin embargo, las condiciones de HR son totalmente diferentes en las zonas geográficas, ya que la HR fue menor al 55 % en el Valle de Mexicali, Estado de Baja California, en el noroeste de México. Los ovinos de pelo toleran temperaturas mayores que ovinos de lana, por consiguiente, es de esperar que el ITH donde cualquier raza ovina comienza a experimentar síntomas de EC en climas extremos cuando el ITH sea <79 U (Vicente-Pérez *et al.*, 2020). En general, las temperaturas ambientales de la noche fueron ligeramente más bajas (28.5 °C), lo cual se reflejó sobre los ITH de la tarde (86 U) y la noche (76 U). Las fluctuaciones durante la mañana en las temperaturas ambientales afectan la capacidad de los animales para enfrentar el EC, y los periodos de bajas temperaturas en la noche pueden ayudar a disipar la carga de calor (Sevi *et al.*, 2001), este efecto no puede comprobarse en el presente estudio debido a que los ITH fueron similares estadísticamente ($P < 0.05$) entre las tres horas del día. Tomando de referencia el estudio de Arias *et al.* (2008), se sugiere que al ajustar los valores de ITH a diferentes temperaturas y humedades relativas con velocidad del viento y radiación solar bajo condiciones de 5 m/s y 250 W/m², el ITH se considera situación ambiental de peligro con $79 < \text{THI} \leq 84$. Se registró un ITHA mañana de 77.8 U, 83.96 en la tarde y 76.55 durante la noche, con máxima de 89 U. A pesar de que el ITHA, incorpora variables climáticas como la velocidad del viento y la radiación solar, no encontramos estudios donde se categorice el nivel de EC en ovinos utilizando ITHA. Tomando como referente el ITH, y las condiciones climáticas de la región, proponemos un EC severo para ovinos de raza de pelo a partir de las 75 U de ITHA.

Cuadro 3. Índice de temperatura-humedad (ITH) e Índice de Temperatura-Humedad-Viento-Radiación (ITHA) por hora del día.

Índice	Mañana (6:00-12:00 h)			Tarde (12:10-18:00 h)			Noche (18:10 a 5:50 h)		
	Media± DE	Míni mo	Máxi mo	Media± DE	Míni mo	Máxi mo	Media± DE	Míni mo	Máxi mo
ITH	80.62±3. 5	75	89.11	86.52±2. 79	76.97	91.39	80.31±2. 52	75.03	90.05
ITH A	77.89±7. 02	61.11	94.11	83.96±6. 01	28.89	95.02	76.55±4. 45	22.09	89.83

La dirección del viento oscilo entre 200.19 ± 118.21 durante el día y de 164.09 ± 146.65 durante la noche, siendo la máxima de 360. La temperatura del aire en promedio fue de 31.8 ± 3.88 °C durante el día y la máxima fue de 38.8 °C; por otra parte, durante la noche en promedio fue de 28.56 ± 2.06 °C y la máxima de 36.8 °C. La humedad relativa en promedio fue de 68.96 ± 9.93 % durante el día y durante la noche de 78.62 ± 0.07 % y la máxima en las dos horas de día fue de 89 %.

Cuadro 4. Variables climáticas registradas durante día y noche en la estación meteorológica.

Variables	Día (06:00-18:00 h)			Noche (18:10-05:50 h)		
	Media \pm DE	Min	Max	Media \pm DE	Min	Max
Dirección del viento (grados)	200.19 \pm 118.21	0	360	164.09 \pm 146.65	0	360
Dirección de ráfaga (grados)	283.1 \pm 77.87	9	360	301.83 \pm 91.69	13	360
Rapidez de viento (km/h)	5.17 \pm 1.95	1.7	19.5	4.22 \pm 1.72	1.6	18.8
Rapidez de ráfaga (km/h)	12.3 \pm 4.69	2.4	43.3	9.93 \pm 4.41	1.8	39.3
Temperatura del aire ($^{\circ}$ C)	31.8 \pm 3.88	24.8	38.8	28.56 \pm 2.06	24.7	36.8
Humedad relativa (%)	68.96 \pm 9.93	50	89	78.62 \pm 0.07	58	89
Presión atmosférica (hpa)	1006.49 \pm 1.69	1002.6	1011.2	1006.68 \pm 1.6	1003.3	1011.3
Precipitación (mm)	0.02 \pm 0.25	0	6.4	0.068 \pm 0.59	0	14.6
Radiación solar (W/m ²)	409.37 \pm 3.52	0	1190	17.9 \pm 59.66	0	562

6.2. Temperaturas de la piel de hembras ovinas durante el verano

Los resultados registrados para las temperaturas de la piel en las diferentes zonas corporales fueron estadísticamente diferentes ($p < 0.001$) entre las ovejas multíparas y las corderas, hora de la mañana con la tarde e interacción estadística entre la edad con la hora del día. Dichas variaciones se observan claramente en las Figuras 5 y 6.

Cuadro 5. Temperaturas registradas en diferentes partes corporales de las ovejas y crías en las dos horas del día.

Área corporal	Cría		Oveja	
	Mañana (°C)	Tarde (°C)	Mañana(°C)	Tarde (°C)
Cabeza	29.725 ± 2.131	37.659 ± 3.580	31.235 ± 17.611	38.484 ± 4.048
Anca	27.682 ± 1.669	40.346 ± 5.887	27.753 ± 1.709	42.010 ± 6.934
Ijar Derecho	28.682 ± 2.057	38.255 ± 4.191	28.803 ± 1.959	39.313 ± 5.050
Pierna	28.590 ± 1.991	36.508 ± 3.215	28.879 ± 1.633	36.956 ± 3.227
Escapula	28.838 ± 1.980	36.442 ± 3.138	29.798 ± 1.712	36.611 ± 3.013
Vientre	28.848±2.188	36.018±2.914	29.560±2.222	35.905±2.456

*Media ± DE; Grados Celsius (°C).

Se reporta una menor temperatura durante la mañana para las corderas en todas las zonas corporales registradas en comparación con las ovejas multíparas.

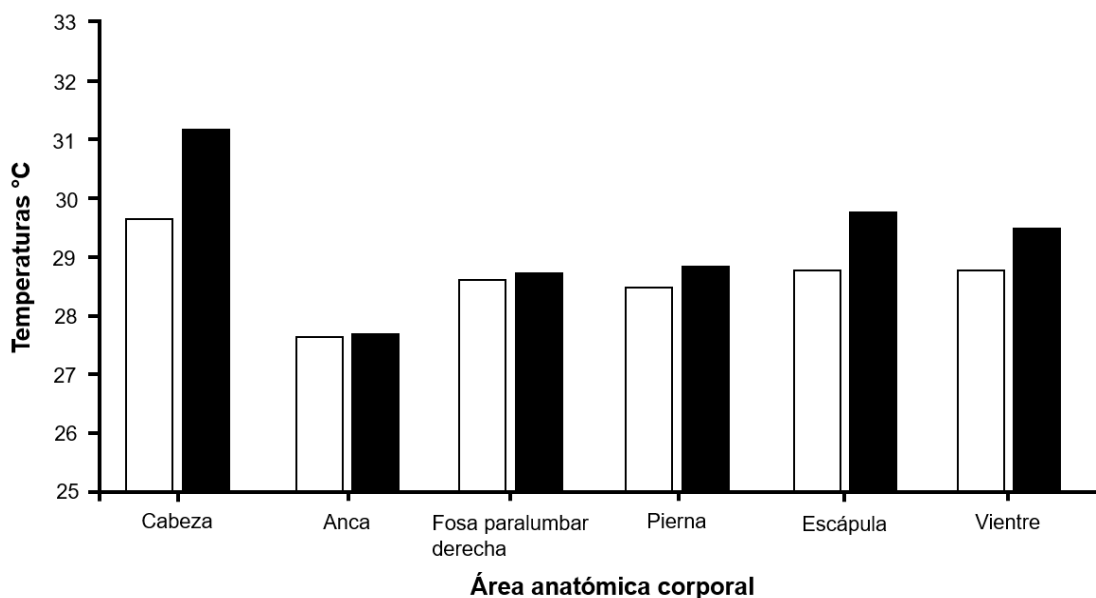


Figura 5. Temperaturas de la piel en las diferentes zonas corporales en las crías (□) y ovejas (■) en la mañana.

De la misma manera, durante la tarde las temperaturas de la piel (diferentes zonas corporales) en las corderas continúan bajas, a excepción del vientre 36.018 ± 2.914 °C.

Cabe señalar que la máxima temperatura se registró en ovejas adultas en la zona del anca con 42.010 ± 6.934 °C.

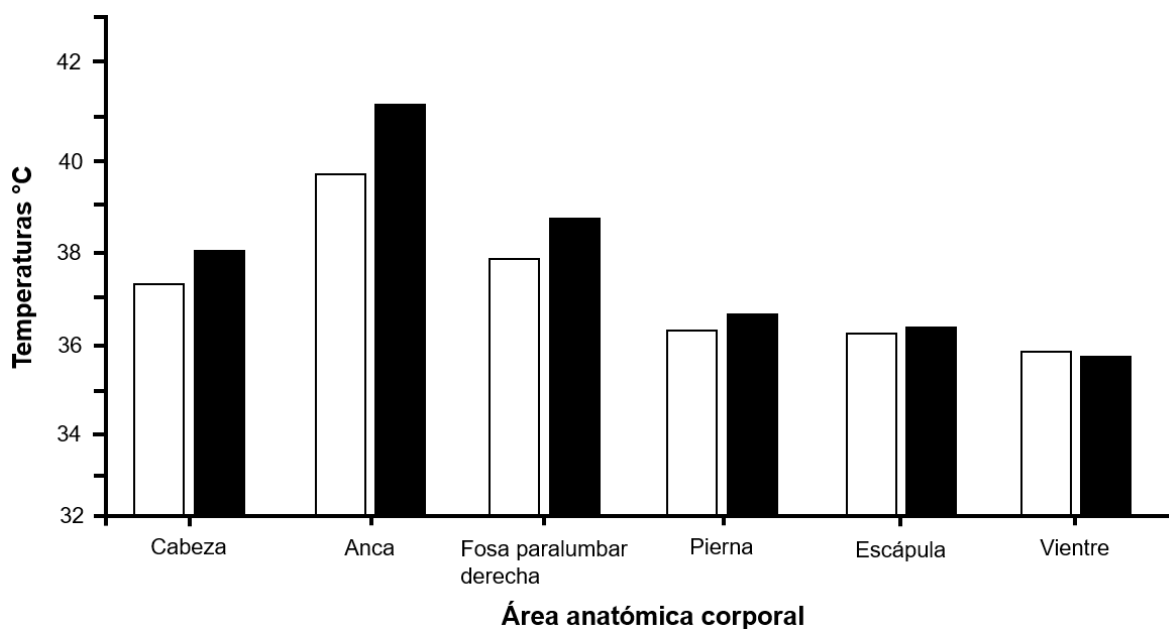


Figura 6. Temperaturas en las diferentes zonas corporales en crías (□) y ovejas (■) en la tarde.

Los resultados del presente estudio respecto a las características climáticas durante el verano (mañana, tarde y noche), muestran un ITH con condiciones de EC severo en ovejas. En este contexto las temperaturas de la piel de las hembras ovinas experimentales independientemente del estado fisiológico fueron mayores en horas de la tarde. Observándose que en el área del vientre de las y en el anca de las ovejas multíparas eran durante la tarde.

Se registró una mayor temperatura en ovejas multíparas en las diferentes partes corporales en ambas horas del día, la diferencia de temperaturas de la piel pudo deberse a que los grupos analizados no se encontraban en la misma condición fisiológica como son la edad y la condición física (ovejas gestantes). Cabe mencionar que la temperatura ambiental influye mucho en los cambios de temperatura de la piel, en este estudio durante la mañana

se registró una temperatura de 29.34 ± 3.13 °C y de 34.23 ± 2.85 °C durante la tarde, recordemos que la zona de confort térmica para los ovinos de pelo se encuentra entre los 15 y 30 °C (Seixas *et al.*, 2017), y de acuerdo con estos parámetros podemos decir que las ovejas estuvieron fuera de su zona de confort. La mayor temperatura se registró por la tarde el área del anca con 40.346 ± 5.887 °C y 42.010 ± 6.934 °C para crías y ovejas respectivamente, las temperaturas de las demás áreas corporales evaluadas oscilaron entre los 35 y 39 °C, una temperatura de la piel mayor a la ambiental indica pérdidas de calor (Marai *et al.*, 2007), comprobado así que las pérdidas de calor corporal a través de la piel son un mecanismo efectivo en ovinos de pelo para lograr la termorregulación (Macías-Cruz *et al.*, 2018). Los resultados obtenidos coinciden con otros estudios donde se ha reportado que la temperatura de la piel y las demás variables fisiológicas aumentan con el incremento de la temperatura a través del día (Macías-Cruz *et al.*, 2016; Seixas *et al.*, 2017).

VII. CONCLUSIONES

Las hembras ovinas de raza Blackbelly, independientemente del estado fisiológico (ovejas multíparas o corderas), presentaron EC severo durante el verano. Esto por las elevadas temperaturas de la piel e ITH de las hembras ovinas. Lo anterior, se observó marcadamente en ovejas multíparas durante la tarde. También se observó buena respuesta termorregulatoria, modificando diferentes variables fisiológicas para contrarrestar el efecto del EC durante las horas de la noche que es cuando disminuye el efecto ambiental. El monitoreo del ITH y la medición de las variables fisiológicas de los ovinos tiene implicaciones prácticas para los productores, ya que se puede determinar si los animales están bajo EC e implementar estrategias para mitigar los efectos negativos causados por las altas temperaturas ambientales. Una estrategia sencilla y útil que se puede implementar fácilmente por los productores es la sombra utilizada para proteger a los ovinos estresados por calor, impactando directamente en la productividad de las ovejas y propiciando el bienestar animal.

VIII. LITERATURA CITADA

- Afsal A. Sejian, V. Bagath M. Krishnan G. Devaraj C.B.R. 2018. Heat stress and livestock adaptation: Neuro-endocrine regulation. *Int J Vet Anim Med*, 1(2):1-8.
- Al-Dawood A. 2017. Towards heat stress management in small ruminants – A review. *Annals of Animal Science* 17: 59-88.
- Alonso-Spilsbury M. Ramírez-Necoechea R. Taylor-Preciado J.J. 2012. El cambio climático y su impacto en la producción de alimentos de origen animal. *Rev. Elec. Vet.* 11(13):1-25.
- Arauz, E. E. 2009 Importancia del microambiente para el desempeño fisiológico y efectos negativos del estrés calórico sobre la capacidad fisiológica y de producción en los caprinos y ovinos. Panamá: Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá,.
- Arias R.A. Mader T.L. Escobar J. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Arch. Med. Vet.* 40(1): 7-22.
- Arredondo R.V. Macedo B.R.J. Cruz E.C. Prado R.O. García M.L.J. 2016. Caracterización de las unidades de producción ovinas de los productores organizados de Colima, México. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 7:31-36.
- Avedaño-Reyes L. Alvarez-Valenzuela F.D. Correa-Calderón A. Saucedo-Quintero J.S. Rivera-Acuña, F. VerdugoZarate F.J. Aréchiga-Flores C. y Robinson P.H. 2007. Evaluation of a cooling system used in the dry period of dairy cattle in summer. *Tec. Pec. Mex.* 45(2):209-225.
- 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.

- Bañuelos-Valenzuela R. y Sánchez-Rodríguez S. 2005. La proteína de estrés calórico Hsp70 funciona como un indicador de adaptación de los bovinos a las zonas áridas. REDVET, 6 (3):1-12
- Barragán-Hernández WA, Mahecha-Ledesma L, Cajas-Girón YS 2015 Variables fisiológicas-metabólicas de estrés calórico en vacas bajo silvopastoreo y pradera sin árboles. Agronomía Mesoamericana 26: 211-223.
- Berman A. 2010. Forced heat loss from body surface reduces heat flow to body surface. J. Dairy Sci, 93: 242-248.
- Brosh A., Aharoni Y., Degen A.A., Wright D., Young B. 1998 Effects of solar radiation, dietary energy, and time of feeding on thermoregulatory responses and energy balance in cattle in a hot environment. J. Anim.
- Brown-Brandl T.M. Eigenberg R.A. Nienaber J.A. 2006. Heat stress risk factors of feedlot heifers. Liv. Sci, 105: 57-68.
- Cain III J.W. Krausman P.R. Rosenstock S. Turner J.C. 2006. Mechanisms of thermoregulation and water balance in desert ungulates. Wildlife Soc B, 34 (3):570-581.
- Carrillo A. Segura J.C. 1993. Environmental and genetic effects on preweaning growth performance of hair sheep in Mexico. Tropical Animal Health and Production, 25:173-178.
- Chauhan S.S. Celi P. Leury B.J. Dunshea F.R. 2015. High dietary selenium and vitamin E supplementation ameliorates the impacts of heat load on oxidative status and acid-base balance in sheep. Journal of Animal Science 93: 3342-3354.
- Collier R.J. Baumgard L.H. Zimbelman R.B. Xiao Y. 2019. Heat stress: Physiology of acclimation and adaptation. Animal Frontiers, 3:12-19.

- Collier R.J. Dahl G.E. VanBaale M.J. 2006. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *J. Dairy Sci*, 89: 1244-1253.
- Corrales N.J.L. 2018. Efectos del uso de sombra en ovinos de pelo engordados bajo estrés calórico: parámetros productivos y fisiológicos. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California. Instituto de Ciencias agrícolas. Mexicali, B.C. México.1-88.
- Correa M.P.C. Cardoso, M.T. Castanheira, M. Landas, A.V. Dallago, B.S.L. Louvandini H. 2012. Heat tolerance in three genetic groups of lambs in central Brazil. *Small Ruminant Res*, 104(1-3):70-77.
- Da Silva W.E. Leite, J.H.G.M. de Sousa J.E.R. 2006. Daily rhythmicity of the thermoregulatory responses of locally adapted Brazilian sheep in a semiarid environment. *International Journal Biometeorology*, 61(7):1221-1231.
- De Lucas T.J. 2007. Estrategias para disminuir la mortalidad perinatal de corderos. *Tecnologías para Ovinocultores, AMCO*. 113-115.
- Díaz-Villaseñor G. Damián N.A. Hernández C.E. Palemón-Alberto F. Cruz-Lagunas B. Reyes-García G. y Hernández M.A. 2016. Estudio edafoclimático del cultivo del aguacate (*Persea americana*) en la Región de La Sierra de Guerrero, México. *Tlamati*, 7(3):23-28.
- Dzib C.A. Ortiz de Montellano, A. Torres-Hernández G. 2011. Variabilidad morfoestructural de ovinos Blackbelly en Campeche, México. *Archivos de Zootecnia*, 60:1291-1301.
- Esminger M.E. 1976 *Producción Ovina*. 2ª. Ed. Buenos Aires: El Ateneo.
- FAO. (Organización de las naciones unidas para la agricultura y alimentación) 2016. 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 enero de 2023.

Gastélum-Delgado M.A. Avendaño-Reyes L. Álvarez-Valenzuela F.D. Correa- Calderón A. Meza-Herrera C.A. Mellado M. 2015. Comportamiento de estro circanual en ovejas Pelibuey bajo condiciones áridas del Noroeste de México. *Rev Mex Cienc Pecu*, 6(1):109-118.

Gastelum-Delgado M.A., Avendaño-Reyes L., Álvarez-Valenzuela F.D., Correa-Calderón A., Meza-Herrera C.A., Mellado M., Macías-Cruz U. 2021 Conducta estral circanual en ovejas Pelibuey bajo condiciones áridas del noroeste de México. *Mex. Cienc. Pecu.* 6:109–118.

Gaughan, J.B, Mader T.L., Holt S.M., Sullivan M.L. & Hahn G.L. 2010. Assessing the heat tolerance of 17 beef cattle genotypes. *International Journal of Biometeorology*, 54: 617-627.

González A. Murphy B.D. Foote, W.C. Ortega, E. 1992. Circannual estrous variations and ovulation rate in Pelibuey ewes. *Small Ruminant Research*, 8:225-232.

Henry S. 2018 Impacto del estrés por calor en la producción de ovinos de pelo. Revisión. *Rev. mex. de cienc. Pecuarias*. vol.11;.205-222.

Hernández-Marín, J. 2018. Contribución de la ovinocultura al sector pecuario en México. *Agro Productividad*, 10(3) En línea:Consultado:29/04/2023.

Indu S. Sejian V. Naqvi M.K. 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(6):766-776.

INEGI. (Instituto nacional de estadística y geografía) 2021. Anuario estadístico y geográfico del Estado de Guerrero. Consultado 6/febrero/2023.

- Kelly C.F., Bond T.E. 1971. Bioclimatic factors and their measurement: A guide to environmental research on animals. *Natl. Acad. Sci.*;77:7-92.
- Kelly W. R. 1981. Diagnóstico clínico veterinario. México, D. F. CESCA.
- Leyva-Corona J.C. Armenta-Castelo D.I. Zamorano-Algandar R. Thomas M.G. Rincon J.F. Rivera-Acuña F. Reyna-Granados J.R. Luna-Nevárez P. 2015. Variables climáticas asociadas a la producción de leche en vacas Holstein criadas bajo condiciones de estrés por calor del Valle de Yaqui, México. *Rev. Lat. De Rec. Nat.* 11(1):1-11.
- López R. Pinto-Santini L. Perozo D. Pineda, J. Oliveros I. Chácon T. 2015. Confort térmico y crecimiento de corderas West African pastoreando con y sin acceso a sombra artificial. *Arch Zootec*, 64(246):139-146.
- Macías C. U. Álvarez V.F.D. Rodríguez G.J. Correa C.A. Torrentera O.N.G. Molina R.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 C.U. Álvarez V.F.D. Rodríguez G.J. Correa C.A. Torrentera O.N.G. Molina R. 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.A. Mellado, M. 2013. Crecimiento y características de canal en corderos tratados con clorhidrato de zilpaterol durante primavera y verano. *Rev Mex Cienc Pecu*, 4(1):1-12.
- Macías-Cruz U. Gastélum M.A. Álvarez F.D. Correa A. Díaz R. Meza-Herrera C.A. 2015. 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(3):354-360.

- Macías-Cruz U. Gastélum M.A. Avendaño-Reyes, L. Correa-Calderón A. Mellado M. Chay-Canul A Arechiga C. F. 2018. Variaciones en las respuestas termoregulatorias de ovejas de pelo durante los meses de verano en un clima desértico. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9:1-16.
- Macías-Cruz U. López-Baca M.A. Vicente R. Mejía A. Álvarez F.D. Correa-Calderón A. 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(8):1279-1286.
- Macías-Cruz U., Álvarez-Valenzuela F.D., Rodríguez-García J., Correa-Calderón A., Torrentera-Olivera N.G., Molina-Ramírez L., Avendaño-Reyes L. 2010. Growth and carcass traits in pure Pelibuey lambs and crosses F1 with dorper and katahdin breeds in confinement. *Arch. Med. Vet.*;42:147–154.
- Macías-Cruz U., Álvarez-Valenzuela F.D., Soto-Navarro S.A., Águila-Tepato E., Avendaño-Reyes L. 2013 Effect of zilpaterol hydrochloride on feedlot performance, nutrient intake, and digestibility in hair-breed sheep. *J. Anim. Sci.* 91:1844–1849.
- 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.
- Mader T. L. Davis M.S. Brown-Brandl, T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci*, 84:712–719.
- Mader T. L. S. M. Holt G. L. Hahn M. S. Davis, and D. E. Spiers. 2002. Feeding strategies for managing heat load in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 80: 2373- 2382.
- Mader T.L., Dahlquist J.M., Hahn G.L. 2005 Wind protection effects and airflow patterns in outside feedlots. *J. Anim. Sci.* 75:26–36. doi: 10.2527/1997.75126x.

- Mahjoubi E. Hossein Y.M. Aghaziarati N. Noori G.R. Afsarian O. Baumgard. 2015. The effect of cyclical and severe heat stress on growth performance and metabolism in Afshari lambs. *J Anim Sci*, 93(4):1632-1640.
- Marai I.F.M. Bahgat L.B. Shalaby T.H. Abdel-Hafez M. A. 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. El-Darawany A.A. Fadiel A. Abdel-Hafez M.A.M. 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep. *Small Ruminant Res* 71(1-3):1-12.
- Marai IFM, El-Darawany AA, Fadiel A, Abdel-Hafez MAM.2001. Physiological traits as affected by heat stress in sheep—A review. *Small Ruminant Research*; 71(1-3):1-12.
- McManus C. Louvandini H. Gugel R. Sasaki L.C. Bianchini, E. 2011. Skin and coat traits in sheep in Brazil and their relation with heat tolerance. *Trop Anim Health Pro*, 43(1):121-126.
- McManus C. Paludo G.R. Louvandini H. Gugel R. Sasaki L.C.B. Paiva, S.R. 2009. Heat tolerance in Brazilian sheep: Physiological and blood parameters. *Trop Anim Health Pro*, 41(1):95-101.
- Mitloehner 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.
- Neves M.L.M.W. De Azevedo M. Da Costa L.A.B. Guim A. Leite A.M. Chagas J.C. 2009. Níveis críticos do Índice de Conforto Térmico para ovinos da raça Santa Inês criados a pasto no agreste do Estado de Pernambuco. *Acta Sci Anim Sci*, 31(2):167-175.

- Nicolás-López P. Macías-Cruz U. Correa-Calderón A. Mellado-Bosque R. Díaz-Molina, R. Avendaño-Reyes, L. 2021. Ajustes asociados a la aclimatación y estrés oxidativo en ovinos bajo estrés calórico: una revisión. ITEA-Inf. Tec. Econ. Agrar. (en prensa), Vol. xx: 1-19.
- NRC. (números de referencia) 1981. Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals. National Academic, Washington, DC, 75-84.
- Odongo N.E., Alzahal O., Lindinger M.I., Duffield TF, Valdes EV, Terrell SpP, McBride BW. 2006. Effects of mild heat stress and grain challenge on acid-base balance and rumen tissue histology in lambs. J Anim Sci. 84(2):447-55.
- ONU.(Organización de las naciones unidas) 2018. Ganadería ovino - caprina en el marco del programa de desarrollo rural en Baja California. Universidad y ciencia vol.27(3):331-344.
- Pantoja M.H.A. Esteves S.N. Jacinto M.A.C. Pezzopane J.M. Paz C.C.P. Silva J.A.R. Lourenco J.B.J. Brandao F.Z. Moura A.B.B. Romanello N. Botta, D. Garcia, A.R. 2017. Thermoregulation of male sheep of indigenous or exotic breeds in a tropical environment. Journal of Thermal Biology, 69: 302-310.
- Partida J. A. Braña D. Jiménez H. Ríos F. G. y Buendía G. 2013 Producción de carne ovina. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Pires M.F.A. Campos A.T. 2003. Relação dos dados climáticos com o desempenho animal. In: Resende H, Campos AT, Pires MF. (Orgs). Dados climáticos e sua utilização na atividade leiteira, 1 ed, Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, (1):250.
- Ponce-Covarrubias J.L., García y González E.C., Ruiz-Ortega M., Valencia-Franco E., Pérez-Sato M., Pineda-Burgos B. 2021. Temperaturas de la piel de ovejas Blackbelly estresadas por calor en condiciones de trópico. *In memorias*:LVI Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Ciudad de México, 10-12 de nov, 2021.

- Rios R. 2008 Estructura y tipología de las unidades de producción ovinas en el centro de México. *agric. soc. desarro.*15(1):85-97.
- Roberto J., Souza B., Furtado D., Delfino L., Marques B. 2005 Gradientes térmicos e respostas fisiológicas de caprinos no semiárido brasileiro utilizando a termografia infravermelha. *J. Anim. Behav. Biometeorol.*:2:11–19.
- 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.
- Romualdo J.G. Sierra A.C. Ortiz J.R. Hernández J.S. 2004. Caracterización morfométrica del ovino Pelibuey local en Yucatán, México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 12(1):26-31.
- Ruiz M., García y E.C., Hernández P.E., Salem A.Z.M., Sandoval M.A., Ramírez E., Ponce J.L. 2021. El clima del verano afecta la termorregulación de las hembras ovinas de raza Blackbelly en condiciones de trópico. *In memorias: XXXI Reunión Internacional sobre Producción de >Carne y Leche en Climas Cálidos*.
- Russel A.J.F. Doney J.M. Gunn, R.J.1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *J Agric Sci*, 72(3):451-454.
- Rzedowski J. 2006 *Vegetación de México*. 1a Ed. digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México; Consultado 5/febrero/2023.
- SAGARPA (Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca, alimentación) 2018. Consultado: 9/marzo/2023.
- Sandoval A.M. 1998. Manual para la explotación de ovinos de pelo en México. Tesis profesional. Zapopan, Jalisco. Universidad de Guadalajara. 222 pp.

- Seixas L. de Melo C.B. Tanure C.B. Peripolli V. McManus C. 2017. Heat tolerance in Brazilian hair sheep. *Asian-Australas J Anim Sci*, 30(4):593-601.
- Sejian V. Bhatta R. Gaughan J. Malik P.K. Naqvi S.M.K. Lal, R. 2017. Adapting sheep production to climate change. In: *Sheep production adapting to climate change*. Singapore: Springer Singapore, 1-29.
- Selye H. 1973. The evolution of the stress concept. *Am Sci*. 6(61):692-8.
- Sevi A. Rotunno T. Di Caterina R. Muscio A. 2002. Fatty acid composition of ewe milk as affected by solar radiation and high ambient temperature. *J. Dairy Res*, 69: 181-194.
- Sevi, A., Taibi, L., Albenizio, M., Muscio., Dell'Aquila, S. and Napolitano, F., 2001. Behavioral, adrenal, immune, and productive responses of lactating ewes to regrouping and relocation. *J. Anim. Sci*. 79, 1457-1465.
- Shinde A.K y Sejian V. 2013. Sheep husbandry under changing climate scenario in India: An overview. *Indian J Anim Sci*.83(10):998-1008.
- SIAP. (Servicio de información agroalimentariay pesquera) 2016. Servicio de Información agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. Consultada; 2/febrero/2023.
- SIAP. (Servicio de información agroalimentariay pesquera) 2017. Servicio de Información agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. Consultada; 29/marzo/2023.
- Silanikove N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest. Prod. Sci.* ;67:1–18. doi: 10.1016/S0301-6226(00)00162-7.
- STATISTA (Portal de estadísticas para datos de mercado y investigaciones) 2021. Anzahl der passagiere auf den verkehrsflughafen on deutschland in den Jahren 2015 und 2020. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/>. Consultada 18/02/2023.

STATISTA (Portal de estadísticas para datos de mercado y investigaciones) 2011-2020. México: volumen de producción de carne 2011-2020. Consultada el 18 de febrero de 2023.

Thom E. C. 1959. The discomfort index *Weatherwise* 12: 57-59.

Torres S.A. Garcés N.C. Dias S.J.R.1996. Capitulo XVIII. Alojamiento e instalaciones para ganado ovino. *Zootecnia, Bases de producción animal. Producción Ovina. Tomo VIII. Mundi-Prensa.*

Valdivia-Cruz J.C., Reyes-González J.J., Valdés-Paneque G.R.2021. Effect of temperature and humidity index (THI) on the physiological responses of grazing dairy cows.

Vicente P.A. Macías C.U. Avendaño R.L. Correa-Calderón A. López B.M.A. Lara R.A.L. 2020. Impacto del estrés por calor en la producción de ovinos de pelo. *Revisión. Rev. mex. De cienc. Pecuarias.* 5(1)1-18.

Vicente-Pérez A. Avendaño-Reyes L. Barajas-Cruz R. Macías-Cruz U. Correa-Calderón, A. Corrales-Navarro, J.L. 2018. Parámetros bioquímicos y hematológicos en ovinos de pelo con y sin sombra bajo condiciones desérticas. *Ecosist Rec Agropec,* 5(14):259.

Vicente-Pérez R, Macías-Cruz U, Avendaño-Reyes L, Correa-Calderón A, López-Baca MA, Lara-Rivera AL.2020. Impacto del estrés por calor en la producción de ovinos de pelo. *Revisión. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias.* 11(1): 205-222.

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 parto durante verano e invierno. *Archivos de Medicina Veterinaria,* 47: 301-309.

Vicente-Pérez R. Avendaño-Reyes L. Mejía-Vázquez A. Álvarez F.D. Correa-Calderón A. Mellado M. Meza-Herrera C.A. Guerra-Liera J.E. Robinson P.H. Macías-Cruz U.

2016. Prediction of rectal temperature using non-invasive physiologic variables measurements in hair pregnant ewes subjected to natural condition of heat stress. *Journal of Thermal Biology*, 55: 1-6.
- Vicente-Pérez, R. Avendaño-Reyes L. Álvarez F. Correa-Calderón A. Meza-Herrera C.A. & Mellado M. 2015. Comportamiento productivo, consumo de nutrientes y productividad al parto de ovejas de pelo suplementadas con energía en el parto durante verano e invierno. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 47(3): 301-309.
- West J. W. B.G. Mullinix and J.K. Bernard. 2003. Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake, and milk yield of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:232- 242.
- West, JW. 2003. Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. Volume 86, Issue 6, June 2003, Pages 2131-2144
- Wildeus S. 1997. Hair sheep genetic resources and their contribution to diversified small ruminant production in the United States. *Journal of Animal Science*, 75(3):630-640.