

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**IMPACTO DEL ESTRÉS CALÓRICO SOBRE EL CRECIMIENTO Y
COMPORTAMIENTO EN PASTOREO SOBRE CAMPO NATURAL DE
VAQUILLONAS HEREFORD CON Y SIN ACCESO A SOMBRA**

por

**Evelyn FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ
Ricardo MOUSQUES ORTIZ
Juan Ignacio SCALDAFERRO RUBINI**

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2022**

Tesis aprobada por:

Director:
Ing. Agr. MSc. Celmira Saravia

.....
Ing. Agr. Rodrigo Iribarne

.....
Ing. Agr. MSc. Ricardo Rodríguez Palma

Fecha: 2 de diciembre de 2022

Autores:
Evelyn Fernández Rodríguez

.....
Ricardo Mousques Ortiz

.....
Juan Ignacio Scaldaferrero Rubini

*Le dedicamos este trabajo a nuestras familias y amigos
quienes siempre nos acompañaron durante este camino.*

AGRADECIMIENTOS

A nuestra tutora Ing. Agr. MSc. Celmira Saravia y co-tutor Ing. Agr. Rodrigo Iribarne.

A el Ing. Agr. MSc. Ricardo Rodríguez Palma por su colaboración en diversas actividades que se llevaron a cabo para realizar este trabajo y su apoyo de forma continua.

A el Ing. Agr. Oscar Bentancur por su atenta disposición para ayudarnos a analizar los datos y orientarnos.

A la licenciada Sully Toledo por brindarnos su tiempo y ayudarnos en la corrección del formato de la tesis.

Al personal de pasturas y ganadería de EEFA S por su ayuda en las distintas actividades y la buena disposición durante todo el proceso.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República por brindarnos las herramientas para formarnos como profesionales.

A todos los que contribuyeron de una u otra forma para que podamos presentar esta tesis.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE ABREVIATURAS.....	X
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 <u>Objetivo general</u>	2
1.1.2 <u>Objetivos específicos</u>	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 HOMEOSTASIS Y ESTRÉS	3
2.1.1 <u>Homeostasis</u>	3
2.1.2 <u>Estrés</u>	5
2.1.3 <u>Estrés térmico</u>	5
2.2 ÍNDICES BIOMETEOROLÓGICOS.....	6
2.2.1 <u>Índice de temperatura y humedad (ITH)</u>	6
2.2.2 <u>Índice de carga calórica (HLI)</u>	8
2.2.3 <u>Temperatura de las esferas de Vernon (globos negros)</u>	8
2.3 OLA DE CALOR.....	8
2.3.1 <u>Caracterización térmica</u>	8
2.4 FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO ANIMAL EN PASTOREO.....	10
2.4.1 <u>Comportamiento de pastoreo</u>	10
2.4.2 <u>Efectos de estrés calórico en ganado de carne en Uruguay</u>	12
2.5 EFECTOS DEL AMBIENTE SOBRE LA PRODUCCIÓN	13
2.5.1 <u>Efectos de la sombra sobre la producción</u>	13
2.6 HIPÓTESIS	18
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	19
3.1 LOCALIZACIÓN, DESCRIPCIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO ...	19
3.2 ANIMALES UTILIZADOS.....	20
3.3 MEDICIONES EN LOS ANIMALES	21
3.3.1 <u>Conducta de pastoreo</u>	21

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Frecuencia respiratoria (rpm) de novillos con acceso libre y restringido a sombra y sin sombra a diferentes horas del día.....	17
2. Representación de la escala de jadeo por apreciación visual.....	22
3. Precipitaciones y temperatura del aire mensual del periodo experimental versus la serie histórica de Salto (1961-1990).....	28
4. Ola de calor del tratamiento sombra con la cantidad de horas al día hubo diferencia significativa entre las temperaturas de las esferas a la sombra y al sol y cantidad de horas con ITH mayor a 72.....	33
5. Ola de calor leve (17 al 19) y severa (24 al 30) en el tratamiento con la cantidad de horas al día hubo diferencia significativa entre las temperaturas de las esferas a la sombra y al sol y cantidad de horas con ITH mayor a 72.....	34
6. Caracterización biometeorológica promedio para cada día de observación	36
7. Horas al día que el HLI del ambiente al sol se encuentra dentro de los diferentes rangos (termoneutral, templado, cálido y muy cálido).....	37
8. Horas al día que el HLI del ambiente al sombra natural se encuentra dentro de los diferentes rangos (termoneutral, templado, cálido y muy cálido).....	37
9. Probabilidad del tiempo dedicado a la actividad descanso al sol en los días de observación.....	39
10. Correlación entre variables estudiadas para tratamiento sombra.....	49
11. Correlación entre variables estudiadas para tratamiento sol	49
12. Regresión en dos niveles de incrementos calóricos (IC, °C) en relación a la temperatura (TESFERA) en diferentes ambientes (SOL y ÁRBOL) y diferentes condicionantes meteorológicos (OC, ola de calor y NOC, no ola de calor).....	50
13. Promedios de TESFERA y HLI para sol y sombra desde diciembre 2020 hasta marzo 2021 en relación a la cantidad de datos utilizados (n).....	51

Figura No.

1. Representación esquemática de las condiciones ambientales críticas para la sobrevivencia animal.....	5
2. Variación espacial del índice de temperatura y humedad del aire en el mes de enero promedio mensual 1961-1990.....	7
3. Ubicación de la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía de Salto (EEFAS).....	19
4. Potrero 46 de EEFAS donde se indica un detalle de las cuatro parcelas, dos con acceso voluntario a sombra natural (<i>Eucaliptus sp</i>) y dos sin sombra.....	20
5. Crecimiento del forraje en tres períodos (Kg MS/ha) para las diferentes parcelas durante la primavera 2020 y verano 2020-21.....	21
6. Temperatura máxima, temperatura mínima y temperatura media diaria para todo el período de estudio.....	27
7. Frecuencia mensual (acumulado de horas) en los diferentes umbrales de HLI en sombra y en sol en los meses de noviembre y diciembre del 2020 y enero a marzo del 2021.....	29
8. ITH máximo, mínimo y promedio durante el periodo de experimental	30
9. Temperaturas máximas, mínimas promedio mensual (\pm DE) de las TESFERAS al sol y a la sombra correspondientes al periodo experimental.....	31
10. Cantidad de horas al día en que las TESFERAS ubicadas al sol y a la sombra fueron significativamente diferentes para cada día experimental...	32
11. Horas correspondientes a cada rango de valor de HLI durante la ola de calor en tratamiento sombra.....	35
12. Horas correspondientes a cada rango de valor de HLI durante las olas de calor en tratamiento sol.....	35
13. Probabilidad del tiempo dedicado a las distintas actividades para ambos tratamientos.....	38
14. Probabilidad del tiempo dedicado a la actividad descanso al sol para ambos tratamientos en los diferentes días de observación.....	40
15. Probabilidad del tiempo dedicado a la actividad pastoreo al sol en ambos tratamientos.....	41
16. Probabilidad del tiempo dedicado a la actividad descanso a la sombra para el tratamiento sol.....	42
17. Probabilidad del tiempo dedicado a la actividad pastoreo a la sombra para el tratamiento sol.....	43
18. Probabilidad de ocurrencia de la actividad rumia a la sombra para el tratamiento sol.....	44
19. Tiempo en minutos dedicado a cada actividad en el tratamiento sol.....	45
20. Tiempo en minutos dedicado a cada actividad en el tratamiento sombra.....	46

21. Porcentaje de tiempo dedicado a cada actividad por turnos en el tratamiento sol.....	46
22. Porcentaje de tiempo dedicado a cada actividad por turnos en el tratamiento sol.....	47
23. Evolución de peso vivo del año 2020/21 entre tratamientos durante el periodo experimental.....	48
24. Temperatura vaginal promedio diaria (°C) y valores de HLI según las diferentes categorías durante la ola de calor en diciembre para los animales con acceso voluntario a sombra natural y los animales al sol.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Variable	Unidades
HLI	Heat Load Index	
ITH	Índice de temperatura y humedad	
CM	Condicionante meteorológica	
OC	Ola de calor	
NOC	No ola de calor	
DE	Desvío estándar	
EEM	Error estándar de la media	
P	Probabilidad	
IC	Incremento calórico	° C
TX	Temperatura máxima absoluta del aire	° C
TN	Temperatura mínima absoluta del aire	° C
TMED	Temperatura media del aire	° C
TXM	Temperatura máxima del aire	° C
TNM	Temperatura mínima del aire	° C
HR	Humedad relativa del aire	%
VV	Velocidad del viento	m/s
RR	Precipitaciones	mm
TVAG	Temperatura vaginal	°C
TESFERA	Temperatura de las esferas de Vernon	°C

1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay la ganadería ocupa un 77% del territorio nacional (12,6 millones de hectáreas) siendo esta la principal actividad productiva que aporta el ingreso de divisas del país. La misma se destaca por desarrollarse a cielo abierto sobre tapices de campo natural en sistemas de producción extensivos en donde en la última década el uso de corrales de engorde se ha incrementado de forma notoria acelerando los procesos de producción.

En los sistemas de producción pastoriles a cielo abierto existentes en el país los animales están expuestos permanentemente al ambiente meteorológico, ocurriendo en ciertas ocasiones estrés térmico debido a variaciones meteorológicas a las que se someten durante un corto periodo de tiempo. Los animales hacen frente a estos períodos desfavorables primordialmente a través de modificaciones fisiológicas y de comportamiento (Hafez, 1972).

Cruz y Saravia (2008), encontraron que en Uruguay hay diferencias meteorológicas entre regiones en los meses más cálidos del año. En verano en localidades ubicadas al Norte del Río Negro, encontraron que hay mayor probabilidad de ocurrencia de evento de elevada temperatura y humedad del aire, cuantificado a través del índice de temperatura y humedad medio diario (ITH) con valores por encima del umbral crítico de 72 para enero. Si bien se han realizado pocos estudios sobre la incidencia del estrés térmico sobre el desempeño productivo, algunos trabajos nacionales demuestran que hay un efecto negativo del ambiente meteorológico sobre la producción animal.

En localidades al Norte del Río Negro sobre suelos de basalto, la producción de carne se concentra mayoritariamente en predios criadores, dado que la cría se adecua a la estacionalidad de la producción del campo natural que presentan estos suelos. La región agroecológica del basalto ocupa 4,1 millones de hectáreas, más del 23% de la superficie agrícola útil del país, en el basalto se concentra el 38% del rodeo nacional bovino (Soares de Lima y Montossi, 2014).

El presente trabajo pretende estudiar el efecto del estrés térmico sobre el desempeño de vaquillonas Hereford, con y sin acceso a sombra natural durante el período estival en el Norte del departamento de Salto.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Evaluar en un sistema de recría de vaquillonas Hereford pastoreando campo natural el impacto de un ambiente con acceso voluntario a sombra natural sobre la producción, variables fisiológicas y comportamentales.

1.1.2 Objetivos específicos

Cuantificar el efecto del acceso voluntario a sombra natural sobre:

- la evolución del peso vivo.
- modificaciones del comportamiento en pastoreo.
- las variables fisiológicas tales como temperatura corporal y jadeo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 HOMEOSTASIS Y ESTRÉS

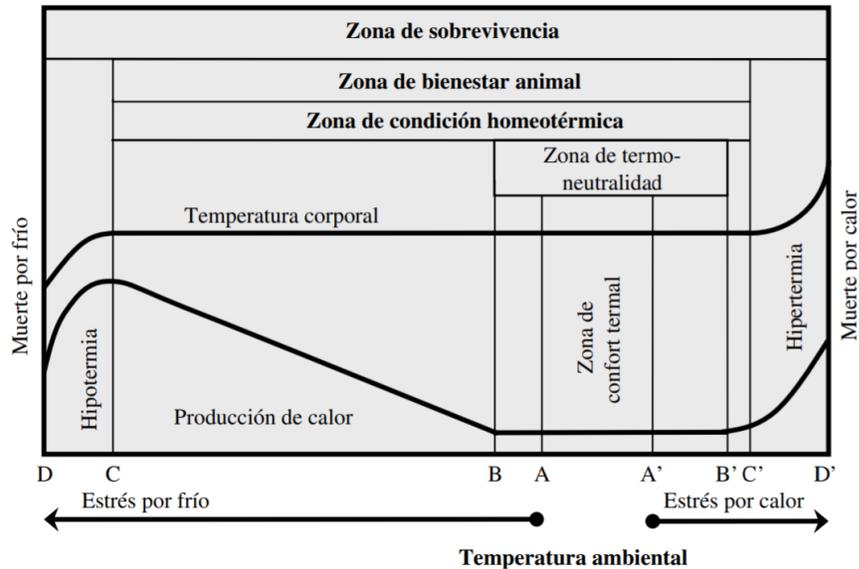
2.1.1 Homeostasis

De acuerdo con Hafez (1972), la homeostasis es un concepto que comprende balance calórico y termorregulación, balance químico del agua, compuestos carbonados y electrolitos; y balance circulatorio de las actividades cardiovasculares.

Los animales homeotermos (mamíferos y aves) son los que tienen la capacidad de controlar dentro de un estrecho margen la temperatura del cuerpo en un medio cuya temperatura puede cambiar dentro de un amplio margen (Hafez, 1972). Los animales que viven en lugares fríos o calientes sufren algunos ajustes funcionales; éstos pueden afectar la velocidad del metabolismo, la respiración, la circulación, el engrosamiento de la piel. Los cambios cardiovasculares y la transportación de sales y agua son mecanismos que ajustan el volumen de fluido extracelular y la sangre circulante a necesidades específicas. Aunque por cortos períodos, los animales pueden tolerar alguna disminución de los líquidos corporales, a la larga deben mantener su equilibrio hídrico (Manery, 1954). Esto significa que toda la pérdida de líquidos (evaporación, orina, heces) debe compensarse con una ingestión igual (bebiendo, con los alimentos y la que se genera por la oxidación del hidrógeno del alimento).

La productividad de los animales se afecta tanto directa como indirectamente por el ambiente atmosférico en los meses de verano, por lo que existen mecanismos de termorregulación que actúan con el fin de atenuar los efectos de las altas temperaturas en dicha estación del año. Según Hafez (1972), los mecanismos de defensa contra el calor son disminución del aislamiento (implicado en el aumento de la circulación sanguínea con por medio de la vasodilatación periférica), aumento de la evaporación desde la piel (asociado a un proceso físico de difusión y su velocidad está determinada según el gradiente entre la presión de vapor de la piel y la presión de vapor del aire que lo rodea) y aumento de la evaporación por el tracto respiratorio (depende de la cantidad de aire que circula por unidad de tiempo en las superficies húmedas del tracto respiratorio). En situaciones de defensa contra el calor aumenta la ventilación por un aumento de frecuencia acompañado de una disminución en la profundidad denominada “jadeo”. Si el funcionamiento de todos los sistemas destinados a la pérdida de calor no alcanza a restablecer el equilibrio térmico comenzará a elevarse la temperatura del cuerpo resultado en una disminución en la producción de calor, pérdida de apetito y aumento de la actividad tiroidea. Todos los mecanismos de defensa contra el calor implican un aumento en el costo energético (Hafez, 1972).

En la figura No. 1 se presenta como varía la temperatura interna de animales homeotermos y su producción interna de calor ante el cambio desfavorable en el ambiente.



Las zonas A →B para condiciones frías y A'→B' para condiciones de calor representan cambios en la temperatura ambiental que demanda esfuerzos mínimos en el animal para mantener su temperatura corporal. B y B' son las temperaturas críticas mínima y máxima respectivamente. En las zonas B→C y B'→C' los animales requieren activar mecanismos termorreguladores (fisiológicos) para conservar la temperatura corporal. En las zonas C→D y C'→D' los animales no logran mantener las condiciones homeotérmicas; la temperatura corporal es afectada pudiendo conducir al animal a la muerte por hipotermia o hipertermia. D y D' son las temperaturas letales mínima y máxima respectivamente.

Figura No. 1. Representación esquemática de las condiciones ambientales críticas para la supervivencia animal

Fuente: Bianca (1965), Silanikove (2000).

2.1.2 Estrés

En producción animal comúnmente se usa el término estrés para indicar una condición ambiental adversa para el animal (Starr, 1988). El origen puede ser meteorológico, nutricional, fisiológico, social o una combinación de estos (Starr, 1988).

Según Hafez (1972), cuando un animal está sujeto al estrés funcionan tres tipos de procesos regulatorios: sensores, unidad termostática de control y receptores. El estrés de tipo agudo es a causa de rápidos cambios fisiológicos y de comportamiento conocido como síndrome de emergencia de Cannon, o síndrome “de huida o escape”. Entre las variables meteorológicas que más influyen sobre el confort de los animales, se encuentran la temperatura y humedad del aire, radiación solar, velocidad del viento, y las precipitaciones. Estos factores actúan de dos modos: primero con la interacción directa con la piel y el pelo y, segundo, afectando los receptores que se encuentran en la piel o en la retina del ojo. La información recibida por los receptores de la piel se transmite al cerebro, que pone en acción mecanismos compensatorios.

2.1.3 Estrés térmico

En general, es posible afirmar que animales en sistemas intensivos de producción tienen mecanismos fisiológicos más restringidos para hacer frente al exceso de calor proveniente de la combinación de dietas de alta densidad energética (granos), y veranos con altas temperaturas y alta humedad (situación de desconfort), que en condiciones más frías del otoño e invierno (Arias et al., 2008).

El efecto de las altas temperaturas ambientales en la producción de calor metabólico depende de la forma en que se aplique el estrés por calor. Si se aplica de forma aguda, es decir, si el animal está expuesto durante un corto período a elevadas temperaturas, la producción de calor metabólico sube, por el contrario, si el estrés por calor se aplica de forma crónica, es decir, si el animal está expuesto durante un período prolongado a una elevada temperatura en forma sostenida, la producción de calor tiende a disminuir, lo cual se denomina aclimatación (Bianca, 1965).

La magnitud del estrés se puede caracterizar por una escala de jadeo de apreciación visual, el score se compone por 5 niveles, ordenados de menor a mayor impacto en el animal. En el nivel 5 se observan animales con la boca abierta, poco o ningún consumo de alimento y babeo excesivo (Gaughan et al., 2008). Para poder combatir los efectos perjudiciales sobre la producción se requiere proporcionar sombra o permitir una aspersión de agua sobre los animales, con el fin de humedecer la piel animal y permitir la evaporación, también posponer los trabajos de rutinas si se pronostica un evento extremo de calor, con el fin de no mover los animales. De esa manera con un adecuado manejo se pueden reducir los impactos generados sobre los animales provocados por la ola de calor (Nienaber et al., 2003).

2.2 ÍNDICES BIOMETEOROLÓGICOS

Dado que los elementos del clima influyen en el metabolismo y el comportamiento animal, es importante relacionarlos y cuantificarlos a través de índices biometeorológicos.

El término biometeorología se define en París en 1956 el cual hace referencia al estudio de las interacciones entre el ambiente de la atmósfera y los organismos vivos. Una rama de esta disciplina es la biometeorología animal que estudia la influencia de los elementos meteorológicos sobre los animales y su desempeño productivo (Valtorta et al., 1998).

Las variables meteorológicas como la radiación, temperatura y humedad del aire y viento pueden afectar la producción animal, provocando en algunas situaciones estrés por calor, el cual genera impactos negativos sobre el animal (ingestión, digestión, respiración, circulación de la sangre, entre otros), afectando directamente la producción (producción y composición de la leche, ganancia de peso diario) y su reproducción (Beede y Collier 1986, Arias et al. 2008, Suárez et al. 2012). A continuación, se van a presentar diferentes índices biometeorológicos y desarrollar su forma de estimación y su relación con la respuesta en los animales, tales como: índice de temperatura y humedad (ITH), de carga calórica (HLI), temperaturas de las esferas de Vernon (TESFERA) que es un índice en sí mismo y se utiliza para la estimación del HLI.

2.2.1 Índice de temperatura y humedad (ITH)

Se estima a través de la fórmula : $ITH = (1,8 TA + 32) - (0,55 - 0,55 HR) \times (1,8 TA - 26)$

TA= temperatura del aire (°C) índice de temperatura y humedad

HR = humedad relativa - en base decimal

Es un índice biometeorológico que para su estimación considera la temperatura y humedad del aire en condiciones estandarizadas de medición, desarrollado por Thom (1959) para humanos, y luego ajustado para bovinos (Johnson et al., 1961). El ITH permite evaluar mediante diferentes umbrales las condiciones de estrés calórico “del ambiente medido”. Johnson et al. (1961) validaron este índice para vacas en lactación y en el caso de vacas Holando determinaron un valor umbral de 72, por encima del cual el animal se encuentra en situación de estrés calórico. Cruz (2009), utilizó el dato crítico propuesto Johnson et al. (1961) y comprobó con datos de lactaciones de vacas primíparas Holando de Uruguay, que si los valores de ITH eran de 72 los animales se encuentran en estrés calórico disminuyendo la producción de leche.

En la figura No. 2 se representa la caracterización de Uruguay en base al ITH mensual promedio 1961-1990, y Cruz y Saravia (2008) concluyeron que las localidades ubicadas al Norte del Río Negro en el mes de enero tendrían ITH iguales o superiores a 72.

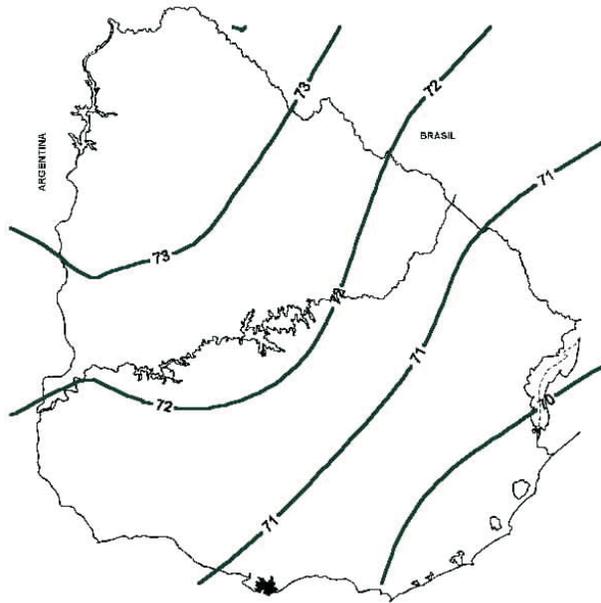


Figura No. 2. Variación espacial del índice de temperatura y humedad del aire en el mes de enero promedio mensual 1961-1990

Fuente: tomado de Cruz y Saravia (2008).

En seis localidades del Norte del país se obtuvieron para el mismo mes, probabilidades de que el ITH promedio diario estuviera por encima del valor crítico mayores a 50 %, siendo en Salto y Artigas superiores a 80 %. La duración diaria promedio de la situación crítica fue superior a 11 horas en la fase diurna y a 5 horas en la fase nocturna durante enero en las dos localidades anteriormente mencionadas (Cruz y Saravia, 2008).

2.2.2 Índice de carga calórica (HLI)

Según Gaughan et al. (2008) la capacidad de predecir los efectos de las variables meteorológicas extremas en el ganado es importante en términos de su bienestar y rendimiento. El ITH (Thom, 1959) se ha utilizado durante más de siete décadas para evaluar el estrés por calor en el ganado por considerar la variable de mayor disponibilidad en las estaciones meteorológicas convencionales, pero también existe un ITH ajustado (Mader et al., 2006) que incluye variables meteorológicas importantes como la radiación solar y la velocidad del viento, pero la complejidad de acceso a esa información no lo hace de uso tan común en la actividad diaria. Asimismo, no incluye factores de manejo (efecto de la sombra) ni factores animales (diferencias de genotipo). Gaughan et al. (2008) proponen un nuevo índice de carga térmica (Heat Load Index, HLI por sus siglas en inglés) que incorpora la temperatura del globo negro ($^{\circ}\text{C}$, TESFERAS), la humedad relativa (HR%) y la velocidad del viento (VV, m/s). El HLI se validó inicialmente utilizando la escala de jadeo del 1 al 5 (Panting Score, PS por su sigla en inglés) de 2490 novillos *Bos primigenius taurus* (Aberdeen Angus y otros) y *Bos primigenius indicus*.

2.2.3 Temperatura de las esferas de Vernon (globos negros)

Otra forma de caracterizar el ambiente meteorológico que rodea a los animales son los globos negros o esferas de Vernon, ubicadas cerca del lugar que ocupan los animales, las mismas son esferas de cobre huecas de color negro mate que en su interior tienen un dispositivo electromagnético que registra la temperatura luego de establecerse el equilibrio térmico, y que permite integrar en un registro de temperatura los aportes de calor por convección y radiación. La temperatura registrada dentro del espacio cerrado “negro” expresa las ganancias o pérdidas de calor del ambiente medido (Berbigier, 1988).

2.3 OLA DE CALOR

2.3.1 Caracterización térmica

Castaño et al. (2011) realizaron una caracterización agroclimática del Uruguay, en la cual describieron que la temperatura media anual es de $17,7^{\circ}\text{C}$, variando desde $16,6^{\circ}\text{C}$ en la costa Sur hasta $19,8^{\circ}\text{C}$ en la región Noroeste del país. Las temperaturas máximas se dan en los meses de enero y febrero y las mínimas en junio y julio. También en base a la caracterización afirman: “... *las temperaturas extremas medidas en el aire presentan un gradiente creciente de Sur a Norte de unos 5°C para las máximas medias y de unos 4°C para las mínimas medias. Al analizar las temperaturas máximas medias se aprecia que 1 de 3 años los valores de la temperatura máxima media mensual en enero están comprendidos entre 28°C y 32°C y 1 año de cada 10 años los valores están*

entre 30°C y 34°C, siendo la región más cálida la zona Noroeste (departamentos de Artigas, Salto y Paysandú).”

La AMS, citada por Nienaber et al. (2003) define ola de calor como un período de clima cálido y generalmente húmedo anormalmente incómodo de al menos tres días consecutivos de duración, pero que convencionalmente dura de varios días a varias semanas.

Nienaber et al. (2003) afirmaron que el ganado tiene la capacidad de adaptarse a un amplio rango de condiciones ambientales, pero que pueden verse afectados por olas de calor inesperadas. Estos autores definen una ola de calor como condiciones meteorológicas de calor y humedad consecutivas, combinados con poco flujo de aire o cubierta de nubes, generando períodos de disconfort, especialmente si las condiciones persisten durante un período de tres días consecutivos o más sin un alivio nocturno significativo de dichas condiciones ambientales.

Los criterios utilizados por Saravia et al. (2011) para caracterizar eventos extremos por calor en Salto fueron los siguientes:

-Si al menos durante tres días consecutivos o más, la recuperación nocturna (referida a la normotermia de los animales) no abarca al menos diez horas (ITH menor a 72), o sea si en el día, el ITH horario fue mayor o igual a 72 durante 14 horas o más (Valtorta et al., citados por Saravia, 2009).

- Si el ITH promedio diario fue mayor o igual 72 durante tres días consecutivos o más considerándose que la ola no se interrumpe si solo en un día no se alcanza este umbral (Valtorta et al., citados por Saravia, 2009).

-Si durante tres días consecutivos o más, la temperatura mínima diaria fue mayor o igual a 23° C (Rodríguez et al., 2003).

- Se clasificaron en ola de calor severa (OCS) si se cumplen los tres criterios, ola de calor leve (OCL) si se cumple al menos un criterio, días de no ola de calor (NOC) si no se cumple ningún criterio.

Saravia et al. (2011) caracterizaron las condicionantes meteorológicas según índice de temperatura y humedad (ITH) horario y promedio diario en un trabajo con vacas lecheras primíparas Holando y Jersey en Salto, Uruguay. La producción de leche, grasa y proteína fue 18% menor en OCS (ola de calor severa) con respecto a OCL (ola de calor leve) y NOC (no ola de calor). Durante la OCS las vacas no lograron mantener la normotermia y dedicaron menor tiempo al pastoreo, reduciendo la productividad. En OCL las vacas recuperaron la normotermia durante la noche, no reduciendo la productividad en comparación a los días de NOC.

2.4 FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO ANIMAL EN PASTOREO

2.4.1 Comportamiento de pastoreo

La conducta de rumiantes a pastoreo puede variar según factores ambientales externos bióticos (cantidad y calidad de forraje), como abióticos (agua, topografía, abrigo y sombra). Los vacunos y los ovinos pastorean seleccionando las partes de la planta que tenga más hojas y como las hojas tienen un valor nutritivo superior a los tallos, se dice que los animales eligen el forraje que complete sus requerimientos alimenticios. El forraje encañado causa períodos de rumia más largos, mientras que el forraje con más hojas es rumiado en períodos más breves (Bignoli 1971, Bailey et al. 1996). Las restricciones impuestas por el manejo humano, así como factores internos del animal, determinan cambios tanto en la duración y distribución de las distintas actividades durante el día, como en el uso de los sitios del ambiente. Los factores abióticos son los principales determinantes de los patrones de distribución a gran escala y actúan como restricciones dentro de las cuales operan los mecanismos que involucran factores bióticos (Bailey et al., 1996).

Según NRC (2000) la necesidad de los animales (terneras en crecimiento) de mantener su temperatura corporal dentro de la zona termo-neutral (15 a 25°C de temperatura del aire), puede modificar tanto el patrón como la distribución temporal de la conducta de pastoreo.

Según Bailey et al. (1996), los grandes herbívoros pueden seleccionar áreas (parcelas y sitios de alimentación) para pastar. Estudios empíricos indican que tienen memorias espaciales precisas y tienen la capacidad de utilizar la memoria espacial para mejorar la eficiencia de la búsqueda de alimento, gracias a dicho mecanismo cognitivo se asume que los animales usan la memoria espacial en sus decisiones de búsqueda de comida. Con tales capacidades, los grandes herbívoros podrían regresar a sitios ricos en nutrientes con más frecuencia que a sitios pobres en nutrientes, lo que determina sus patrones de pastoreo.

Para la NRC (1981) los niveles normales de consumo de alimento y agua de forma voluntaria en bovinos de carne, está situado entre 15 y 25°C. Acompañado con el incremento de la temperatura se da un descenso del consumo voluntario de alimento ocurriendo lo contrario con el descenso de la temperatura. Hahn (1994) afirma que la disminución del consumo está positivamente correlacionada con la temperatura y la humedad ambiental.

En un ambiente bajo condiciones de cielo abierto se evidencia la reducción en el tiempo de pastoreo en ganado de carne. De esta manera lo describe Bianca (1965) mediante observaciones en Queensland, Australia quien afirma que se reduce el tiempo de pastoreo diario y los animales tienden a pasar largos periodos de tiempo a la sombra. Becoña y Casella (1999) en Salto, Uruguay también encontraron resultados similares a los mencionados anteriormente, en que terneros Holando y Hereford expuestos al sol, modificaron su comportamiento en situaciones donde la temperatura máxima se ubicó entre 29 y 35 °C, permaneciendo quietos y echados alrededor del bebedero. Observaron que los animales al sol extienden el pastoreo en las horas de la mañana mientras que los que tienen acceso a la sombra lo reanudan más temprano en la tarde.

Muller et al. (1994) en Sudáfrica, encontraron que los animales que tenían acceso a sombra natural durante el verano dedicaban más tiempo a la actividad de pastoreo durante el día que aquellos animales que no tenían acceso a la misma, también encontraron que los animales que no tenían acceso a sombra permanecieron más tiempo echados o parados sin pastorear ni rumiar, y que se agrupaban con mayor frecuencia y durante más tiempo alrededor de los bebederos.

Simeone et al. (2014), compararon vaquillonas Hereford en pastura natural con y sin acceso a monte de abrigo y encontraron que con un ITH promedio de $69 \pm 4,4$ a partir de las 9:00 reducen el tiempo de pastoreo en vaquillonas con acceso a sombra respecto a las vaquillonas sin acceso a sombra. Con acceso a sombra permanecieron 35,7 % del tiempo en la sombra y 56,8 % pastoreando mientras que sin acceso a sombra el 78,8 % del tiempo estuvieron pastoreando.

Bobadilla (2018), comparó el comportamiento grupal y uso del espacio de ganado de carne (*Bos taurus*) en un sistema de producción silvopastoril (SSP) contra un sistema de pastura abierta (SPA) con acceso a monte de abrigo y destacó que vacas y novillos de raza Hereford sin acceso a sombra natural durante el verano no realizaban ninguna conducta para atenuar el impacto de los altos valores de ITH (promedio 75,4) sino que tuvieron actividad de pastoreo superior a los animales que sí tenían acceso a sombra. Obtuvo como resultado que durante el verano, en el SPA la mayoría de los animales realizaba la actividad de pastoreo durante la mañana y la tarde y durante las horas del mediodía reducían dicha actividad y aumentaba la cantidad que se echaban, mientras que en el SSP predominaba la actividad de pastoreo durante todo el día.

2.4.2 Efectos de estrés calórico en ganado de carne en Uruguay

En diferentes estudios se ha demostrado que animales que sufren estrés calórico incrementan ciertas variables fisiológicas tales como la temperatura corporal y la frecuencia respiratoria y que en los períodos de estrés por calor si tienen acceso a sombra natural esto favorecerá la ganancia de peso.

Azanza y Machado (1997) en Salto comparando la sombra natural, sombra artificial y sin acceso a sombra concluyeron que en el verano estudiado la sombra natural proporcionada determinó un ambiente de mayor confort térmico.

Al analizar las temperatura en las esferas de Vernon obtuvieron como resultado que las temperaturas mínimas no difieran pero las máximas si siendo 7,8°C mayor en el sol y la amplitud térmica (entre las 0:15 y 14:30 h) fue para la sombra de 11,4°C y para el sol de 19,9°C.

Azanza y Machado (1997) también afirmaron que existió una clara tendencia a obtener mejores eficiencias reproductivas en vacas lecheras que tenían acceso a sombra natural y 8 kg de suplemento, respecto a aquellas que permanecían al sol y sólo se les ofrecía 3 kg de suplemento diariamente. Aunque las condiciones del verano no fueron extremadamente limitantes para la producción de leche los autores observaron que animales con acceso a sombra produjeron significativamente más leche (18,2 L) respecto a aquellos que permanecían al sol (14,8 L).

Invernizzi y Marziotte (1998) también en Salto compararon vacas lactantes en tres ambientes las que permanecían siempre al sol, las que tenían acceso a sombra natural y las refrigeradas con aspersores y ventilación y no se encontraron diferencias significativas en la producción de leche ni en el contenido de materia grasa. Pero si existieron diferencias significativas en ganancias de peso para los animales de los diferentes tratamientos de confort: 0,410 kg/vaca/día para aspersión y ventilación, 0,270 kg/vaca/día para aquellas con acceso a sombra natural, mientras que las que permanecieron al sol la ganancia fue de 0,0 kg/vaca/día.

Becoña y Casella (1999) estudiaron el efecto del acceso a sombra natural en terneros Holando y Hereford y los resultados demostraron que la sombra proporcionó un ambiente de mayor confort térmico reflejado en las diferencias entre las temperaturas de las esferas de Vernon al sol y a la sombra, siendo 6,9°C mayor al sol que a la sombra de *Eucalyptus sp.* y 5,2°C mayor al sol que a la sombra de *Melia azedarach* (Paraíso) a las 12 horas.

Ello se reflejó en mayores ganancias de peso significativamente mayores ($p < 0,05\%$) en los animales con acceso a sombra, 17 % en el caso de los terneros Hereford y 13 % en los terneros Holando, indicando el efecto negativo de las condiciones meteorológicas fuera de los rangos óptimos sobre el crecimiento animal.

Saravia (2009) estudió el efecto por estrés calórico sobre variables fisiológicas y de producción para dos genotipos (Holando y Jersey) con dos ambientes, con y sin acceso a sombra artificial y encontró que la producción de leche se vio afectada cuando ocurría ola de calor severa disminuyendo un 18%. El 57% del tiempo del experimento se registró ola de calor severa y leve, durante la ola de calor severa la frecuencia respiratoria fue de 70,2 r.p.m lo que indicaba que los animales estaban en estrés calórico y la temperatura rectal también alcanzó mayores valores ($39,8^{\circ}\text{C}$) respecto a la situación sin ola de calor. Las vacas durante esta condición meteorológica dedicaron menor tiempo a la actividad pastoreo.

Batista (2016) estudió la ganancia de peso vivo y las variables fisiológicas (temperatura rectal, temperatura corporal superficial y frecuencia respiratoria) comparando entre dos genotipos Bonsmara-Hereford y Hereford, para la categoría vaquillona de sobre año.

Para la ganancia de peso vivo no encontró diferencias significativas.

En cuanto a las respuestas fisiológicas, en la mañana cuando no hubo ola de calor solo se encontró diferencia significativa ($p=0,03$) entre genotipos para la variable temperatura corporal superficial (en no ola de calor $21,7 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ en BH y $19,9 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$ en HH) siendo mayor para el genotipo Bonsmara-Hereford en ambas condiciones meteorológicas, en cambio cuando hubo ola de calor leve se encontraron diferencias significativas ($p=0,0007$) en frecuencia respiratoria y temperatura rectal siendo éstas mayor en las vaquillonas Hereford.

2.5 EFECTOS DEL AMBIENTE SOBRE LA PRODUCCIÓN

2.5.1 Efectos de la sombra sobre la producción

En Uruguay se observa un descenso en la producción de carne durante el periodo estival en relación con la producción de primavera (Simeone, 2000). Asociada a una pérdida de calidad y menor tasa de crecimiento de las pasturas lo que conlleva a una disminución del valor nutritivo de las mismas y desempeño animal, dada por un menor consumo voluntario y un incremento de costo energético asociado a la termorregulación, lo que afecta negativamente el balance energético del animal (NRC, 2000).

La inclusión de árboles en los sistemas modifica el microclima mejorando las condiciones para la producción pecuaria por la atenuación de los valores extremos de factores meteorológicos e indicadores de estrés animal. Las diferencias significativas que se encontraron entre situaciones bajo sombra natural, un monte con una densidad de 1207 árboles/há lo que consideraron como monte cerrado en comparación a cielo abierto indicaron valores promedio de ITH 2,24 menor bajo dosel y valores de ITH máximos 1,8 menor bajo dosel, casi la mitad de las diferencias se encontraron en el mes de enero con mayor frecuencia en las horas de la mañana (Buonomo y Bonvicini, 2019).

Simeone et al. (2014) obtuvieron como resultado que vaquillonas Hereford en pasturas naturales con acceso a sombra natural durante el verano experimentaron ganancias de peso superiores con magnitud de la diferencia de 0,208 kg/día a las de vaquillonas sin acceso a sombra.

Implementar el uso de sombra natural para los bovinos es una práctica que busca disminuir la carga radiativa al interceptar la radiación solar. La sombra proporcionada por árboles es una de las más efectivas ya que no sólo disminuye la incidencia de la radiación, sino que también produce una disminución de la temperatura del aire por la evaporación desde las hojas (Cruz y Saravia, 2008).

Tucker et al. (2008) en Nueva Zelanda encontraron que la exposición en la estación estival de los bovinos afecta tanto la condición fisiológica como el comportamiento; para eso estudiaron en un mismo ambiente dos escenarios distintos, vacas Holando en lactación con acceso a sombra artificial y sin acceso a sombra. En el experimento se monitorean las variables meteorológicas, temperatura interna (temperatura vaginal), producción láctea y comportamiento. El ambiente meteorológico promedio durante la fase diurna (6 a 21 h) presentó ITH de 48 a 78. Los resultados en los animales provistos de sombra artificial (intercepción del 99% de la radiación solar) midieron una temperatura vaginal mínima 37,7 y los que no tenían acceso a sombra 37,0 °C ($p=0,004$).

Las vacas lactantes incrementaron la temperatura corporal de 38,6 a 40,1°C y la frecuencia respiratoria de 64 a 100 rpm durante la exposición a diferentes niveles de ITH de 73,7 a 84,1 (Wise et al., 1988). Ominski et al. (2002) también encontraron diferencias en vacas lecheras sometidas a un experimento de alimentación matinal y vespertina las cuales tuvieron 0,6°C más de temperatura vaginal y 27 respiraciones por minuto, para las vacas alimentadas en el horario vespertino. Los bovinos que fueron provistos de sombra artificial tuvieron una disminución en los valores de temperatura corporal y frecuencia respiratoria, siendo estos menores a los bovinos que se mantuvieron expuestos a las condiciones cálidas del verano sin sombra en condiciones de corral de engorde (Blackshaw y Blackshaw, 1994).

Los bovinos siempre van a utilizar la sombra que se les provee en el verano (Widowski 2001, Kendall et al. 2006) y la provisión de la misma ayuda a mejorar las condiciones de confort térmico y disminuir las pérdidas de producción. En la región de Elsenburg, Sudáfrica el clima se caracteriza por inviernos fríos, húmedos y largos, y la estación estival caliente y seca. Las vacas que tuvieron acceso a estructuras de sombra artificial aumentó un 5,5% la producción de leche versus las vacas que permanecieron al sol. Esta diferencia se vio en vacas con acceso a sombra donde se midieron a las 14:00 horas temperaturas rectales de 39,2 °C con sombra y 40,6 °C en vacas sin acceso a sombra (Her et al. 1988, Muller et al. 1994).

En Florida, Estados Unidos, Bray et al. (1993) realizaron un experimento con el fin de atenuar el efecto del estrés por calor en bovinos de leche en la estación estival, buscando prácticas que se pudieran incorporar a la producción. Se comparó la producción de leche según diferentes niveles de agua que se les proveían a los animales mediante aspersión, intentando determinar la cantidad de agua con la cual se lograba equilibrar la temperatura corporal del ganado a modo de no afectar negativamente la producción de leche. Para lograr comparar el efecto del agua esparcida sobre las vacas se utilizó la técnica de medición de la temperatura vaginal (TVAG) ya que es la que mejor estima la temperatura central corporal. En el trabajo se usaron 36 vacas Holstein en ordeño, divididas en tres grupos homogéneos, que durante un período de 28 días recibieron tres niveles de aspersión de agua: 193, 290 y 408 litros. No se encontraron diferencias significativas en la producción de leche, pero sí que con 30 litros de agua por vaca por día se lograría atenuar la temperatura corporal.

Sabiendo esto se realizó un segundo experimento en el cual se medía la TVAG y se pretendía encontrar un aspersor que logre esparcir una gota de agua grande en un sistema de baja presión de agua (10 PSI). Se utilizaron dos modelos de aspersores Schninger modelos 5 y 7, los cuales se probaron en un intervalo de tiempo de 15 minutos y tres niveles de aplicación 0,5; 1,0 y 1,5 minutos en tres niveles de aspersión medidos en litros por minutos.

No se encontraron diferencias significativas para la temperatura vaginal dentro de los experimentos 5 y 7, pero sí se encontraron cuando se comparó el aspersor 5 en 0,5 min, con el aspersor 7 a 1 y 1,5 minutos. La temperatura vaginal promedio de las vacas a campo sin aspersión era de 40,2°C. Cuando fueron sometidas a la aspersión la TVAG mínima fue de 38,8°C con el aspersor 7 aplicando 211,9 litros/min, 1,5 minutos cada 15 minutos, la temperatura vaginal máxima se dio con el aspersor 5 cuando se le aplicó 70,4 litros/minuto 0,5 minutos cada 15 minutos. En cuanto al rendimiento en producción de leche diaria, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos.

En otro estudio realizado en Campo Grande, Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, Loor (2019) evaluó la temperatura vaginal como una respuesta termorreguladora bajo diferentes condiciones microclimáticas. Se criaron veinticuatro hembras Nelore en

sistemas integrados de cultivo, ganadería y silvicultura con diferentes patrones de sombreado, densidad de árboles alta (357 árboles/ha), media (227 árboles/ha) y control (5 árboles/ha).

Para caracterizar el microclima, se utilizaron los datos de temperatura y humedad del aire, TESFERA y a partir de ellos se calculó el índice de temperatura-humedad (BGHI, Buffington et al., 1981) los valores del mismo fueron clasificados por el Servicio Meteorológico Nacional agrupando los valores del mismo en cuatro categorías: comodidad (hasta 74), alerta (de 74 a 79), peligro (de 79 a 84) y emergencia (por encima de 84).

La temperatura vaginal se obtuvo mediante el uso de un registrador de temperatura conectado a un dispositivo intravaginal (i button) adaptado. Los aumentos en la temperatura vaginal se observaron, en promedio, dos horas después del aumento de la temperatura del globo negro (TESFERA).

Las condiciones microclimáticas encontradas en el sistema, según las densidades de árboles, modificaron la temperatura vaginal en diferentes grados, lo que demuestra que el efecto de sombreado no siempre va acompañado de mejoras en confort térmico. El sistema con densidad intermedia (227 árboles/ha) mostró un mejor microclima, resultando un menor aumento de la temperatura vaginal. El BGHI promedio calculado fue 77,7, 78,0 y 77,9 registrado en densidades alta, media y control, respectivamente.

La interacción entre las variables microclimáticas temperatura y humedad del aire y radiación solar resultó en condiciones ambientales adversas, sin embargo, las vaquillonas Nelore mostraron una buena adaptación al medio. Pudieron concluir que la temperatura vaginal es un buen indicador para evaluar la respuesta termorreguladora en vaquillonas Nelore con acceso a diferentes microclimas con sombra natural.

Desde el punto de vista del bienestar animal se propone que el animal no sufra ningún estrés ocasionado por condiciones ambientales fuera del rango de confort animal. Hay evidencia a nivel internacional que se está dando un cambio climático generando como principal consecuencia el calentamiento global, por lo tanto, es de esperar que regiones de clima templado tiendan a aumentar la temperatura del aire. Esto fue otro de los puntos que generó investigación y estudios de cómo la sombra natural o artificial ayudaría a atenuar el riesgo de estrés calórico (Rovira, 2002).

De acuerdo al Intergovernmental Panel on Climate Change (Masson-Delmotte et al., 2021), entender las causales del cambio climático ha sido un desafío para la ciencia en el correr de los años. A comienzos del siglo XX ya se trabajaba con la teoría del calentamiento global y cambio climático provocado por el incremento de las emisiones de dióxido de carbono, principalmente causadas por combustiones de

combustibles fósiles. Desde 1950 se comenzaron a registrar olas de calor de mayor intensidad y duración, la temperatura del aire ha aumentado y la tendencia a futuro es que siga incrementándose.

Rovira (2012) en Treinta y Tres, en el Este de Uruguay encontró que la disponibilidad de sombra artificial para la cría de novillos no afectó significativamente ($p > 0,05$) las ganancias de peso ni el tiempo de pastoreo, si tuvieron una mayor ganancia lo animales con acceso a sombra, pero esta no fue significativamente mayor, en ambientes donde la temperatura y el ITH normalmente exceden el umbral de 24°C y 70 respectivamente.

Velazco et al. (2012) también en el Este de Uruguay obtuvieron resultados similares a los mencionados anteriormente en novillos, pero sí obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) en cuanto a frecuencia respiratoria (cuadro No. 1) y actividades relacionadas con estrés calórico tales como: escala de jadeo y comportamiento grupal. Los animales que tenían acceso a sombra artificial presentaron menor frecuencia respiratoria y también se observó menor escala de jadeo y amontonamiento.

Cuadro No. 1. Frecuencia respiratoria (rpm) de novillos con acceso libre y restringido a sombra y sin sombra a diferentes horas del día

Hora	Sin sombra	Sombra restringida	Acceso libre a sombra
10:00	55a	52b	54b
12:00	72a	56b	56b
14:00	71a	59b	64c
16:00	77a	57b	60b
18:00	68a	54b	56b
Promedio	69a	54b	56b

Valores con diferente letra en la fila difieren significativamente ($P < 0.05$).

A partir de la revisión bibliográfica queda en evidencia que condiciones ambientales adversas provocan estrés en los animales, el cual afecta la respuesta animal a nivel fisiológico y productivo. Para caracterizar el ambiente y poder determinar la ocurrencia de estrés térmico existen ciertos indicadores biometeorológicos como los son el ITH, el HLI y la TESFERA que permiten caracterizar la ocurrencia de olas de calor. Antecedentes bibliográficos permiten indicar que en el litoral Norte de Uruguay en el

periodo estival ocurren condiciones ambientales extremas que llevan a que los animales sufran estrés calórico, y que la presencia de sombra puede atenuar el impacto del estrés beneficiando la respuesta animal. Por eso este trabajo se basó en la caracterización meteorológica durante el periodo estival y como la presencia de sombra natural podría afectar el comportamiento de pastoreo y con ello la productividad de vaquillonas Hereford en crecimiento.

2.6 HIPÓTESIS

En Salto, en el litoral NW del país, la incidencia de factores meteorológicos como alta radiación solar y temperaturas, durante el verano modifican el comportamiento en pastoreo de vaquillonas con acceso a sombra natural con respecto a aquellas que permanecen siempre al sol.

Vaquillonas que pastorean con acceso voluntario a sombra natural presentan un mejor confort térmico evidenciado a través del mantenimiento de la temperatura corporal en el rango de normotermia.

Vaquillonas pastoreando sin acceso a sombra podrían encontrarse en disconfort térmico durante las horas de mayor temperatura en la estación estival disminuyendo la ganancia de peso vivo en relación a vaquillonas que si presentan acceso voluntario a sombra natural.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN, DESCRIPCIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

Este trabajo se realizó en UdelaR. Fagro. EEFAS (Estación Experimental de la Facultad de Agronomía de Salto), Uruguay, ubicada en Ruta 31 km 21,5 Salto (latitud 31°23`S, longitud 57°57`W, 90 m por encima del nivel del mar), durante el verano 2020-21 (figura No. 3).

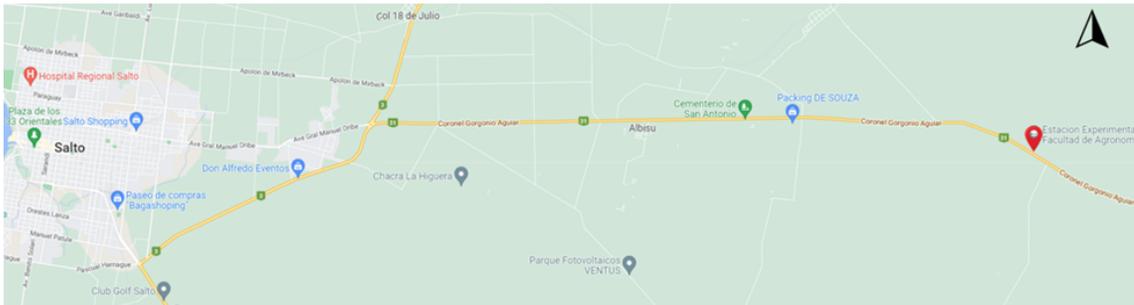


Figura No. 3. Ubicación de la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía de Salto (EEFAS)

El mismo se realizó en un área total de 8 ha del potrero 46 dividido en cuatro parcelas de 2 ha cada una. Los tratamientos fueron: con acceso voluntario a sombra natural (parcelas 1 y 2, denominado SOMBRA) y sin acceso a sombra (parcelas 3 y 4, denominado SOL), dentro de cada tratamiento había 2 repeticiones, o sea cuatro parcelas en total (figura No. 4). El experimento comenzó el 11 de diciembre de 2020 y finalizó el 18 de marzo de 2021, con un total de 91 días de duración.

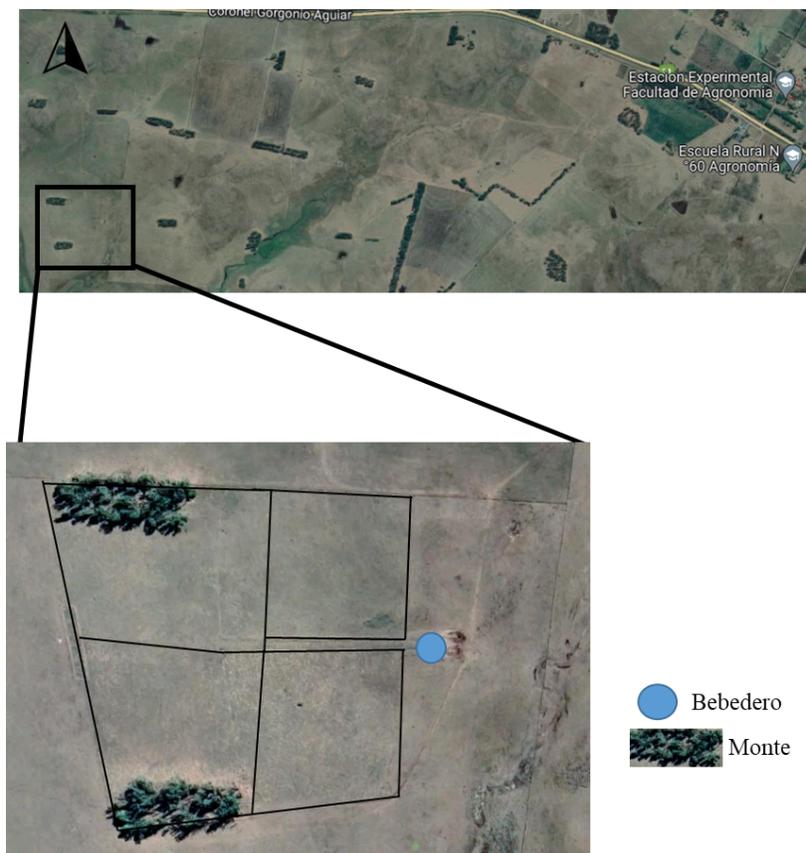


Figura No. 4. Potrero 46 de EEAFAS donde se indica un detalle de las cuatro parcelas, dos con acceso voluntario a sombra natural (*Eucalyptus sp*) y dos sin sombra

3.2 ANIMALES UTILIZADOS

Los animales que se utilizaron en el experimento corresponden a la raza Hereford siendo estas vaquillonas de 13-14 meses de edad, con un peso vivo promedio de 266 kg ($\pm 26,5$ DE) al inicio del experimento. En la evaluación se realizó un pastoreo continuo con carga variable, en función del crecimiento de la pastura, manteniendo la misma en un rango de altura de la cubierta de 6 a 13 cm, la evaluación se comenzó con 10 animales (un bajo número de animales por ha) dada la baja tasa de crecimiento del forraje en la primavera del 2020 (figura No. 5), el cual se fue incrementando posteriormente al registrarse mayor crecimiento del forraje.

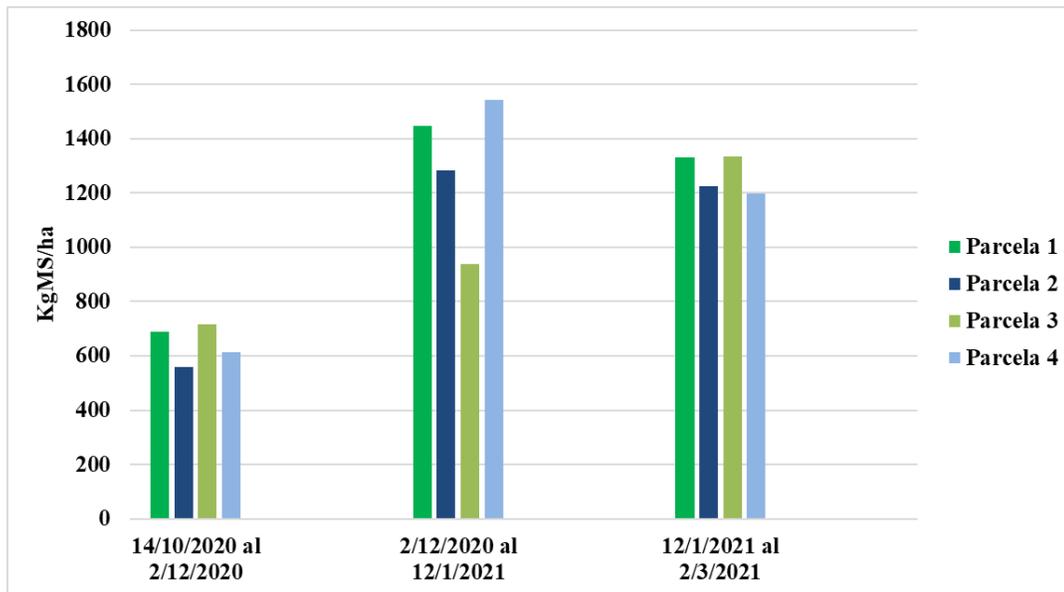


Figura No. 5. Crecimiento del forraje en tres períodos (kg MS/ha) para las diferentes parcelas durante la primavera 2020 y verano 2020-21

Las vaquillonas utilizadas se dividieron en cuatro grupos, dos grupos los cuales corresponden a tratamientos con acceso voluntario a sombra natural y los otros dos eran los tratamientos que estaban en exposición continua al sol. Los cuatro potreros tenían acceso continuo a los bebederos.

3.3 MEDICIONES EN LOS ANIMALES

3.3.1 Conducta de pastoreo

Los días 11/12/2020, 21/1/2021, 25/1/2021, 15/2/2021, 3/3/2021 se registró el comportamiento de pastoreo entre las 6:00 y las 18:00 horas y se dividieron en 3 turnos durante el día, el primero de 6:00 a 10:45, el segundo desde las 11:00 a las 14:45 y el tercer de 15:00 a 18:00. De cada vaquillona se registraban cada 15 minutos la actividad realizada mayoritariamente en ese lapso de tiempo. Las cuales fueron:

- Pastoreo: corresponde al período de cosecha de biomasa vegetal por parte del herbívoro.
- Rumia: se consideró como el período en que el animal está masticando el bolo alimenticio retornado del rumen y que se observa mediante los movimientos de la boca del animal.
- Descanso: período en el que el animal permanecía de pie o echado sin realizar ninguna de las actividades antes mencionadas.

→ Bebedero: período en el que animal se acercaba al bebedero y se observaba si ingería agua.

Para el caso de las vaquillonas que tenían acceso a sombra se aclaraba si la actividad se realizaba al sol o a la sombra.

Las mediciones se realizaron con 2 o 3 semanas de diferencia, a excepción de la medición del 25 de enero la cual se realizó con 4 días de diferencia ya que ese día se pronosticaba una ola de calor.

También se registró cada una hora la escala de jadeo de 5 puntos (Gaughan et al., 2008) por apreciación visual de cada vaquillona, la cual se representa en el cuadro No. 2.

Cuadro No. 2. Representación de la escala de jadeo por apreciación visual

Grado	Condición respiratoria
0	Sin jadeo
1	Jadeo leve, boca cerrada, sin babeo ni espuma
2	Jadeo acelerado, babeo o espuma presente en la boca
2,5	Igual al anterior, pero boca abierta
3	Boca abierta, babeo, nuca extendida, cabeza generalmente hacia arriba
3,5	Igual al anterior, pero con lengua hacia afuera
4	Boca abierta, lengua hacia afuera, babeo, nuca extendida, cabeza hacia arriba
4,5	Igual que el anterior, pero cabeza hacia abajo

Fuente: tomado de Gaughan et al. (2008)

3.3.2 Evolución del peso vivo

A modo de poder estudiar la evolución de peso vivo de los animales utilizados en el experimento, se pesaron en intervalos de 20 días aproximadamente. Se registraba el peso vivo individual sin destarar con una balanza de ganado TRUE-TEST (0,1 kg de precisión).

Para poder cuantificar la evolución del peso vivo en el intervalo se realizó un cálculo donde a la última pesada se le resta la anterior.

3.3.3 Mediciones de temperatura vaginal

Para registrar la temperatura interna de los animales de forma continua, se utilizó un dispositivo CIDER el cual lleva unido un sensor Kooltrak (iButtons-TMEX modelo DS1921, Dallas Semiconductors, Dallas) Se colocaron de forma intravaginal en ocho animales el día 18 de diciembre, dos dispositivos por cada tratamiento y se cambiaron a otros animales cada 21 días durante todo el experimento para evitar posibles daños en el aparato reproductivo de las vaquillonas.

3.4 CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE METEOROLÓGICO

Se utilizó la información de las estaciones meteorológicas automáticas (HOBO Weather Station RX3000 Data Logger, Onset Computer Corporation, Bourne, MA, 2019) ubicadas en el potrero del experimento, una al sol y otra debajo de la sombra natural. Con los registros horarios de las diferentes variables meteorológicas se estimaron los índices biometeorológicos como ser el ITH y HLI. Los datos utilizados fueron temperatura (°C) y humedad del aire (HR %), al abrigo meteorológico, radiación solar global (W/m^2) y velocidad del viento (m/s) a 2m de altura.

La temperatura de las esferas de Vernon se registró en forma continua (Berbigier, 1988). Las mismas son esferas huecas de cobre pintadas de color negro mate, de 16 cm de diámetro ubicadas a 1,5 m de altura bajo la sombra del monte de *Eucalyptus sp.* y al sol. La temperatura dentro de las esferas se registró de forma electromagnética cada 15 minutos con los sensores Kooltrak (iButtons-TMEX modelo DS1921, Dallas Semiconductors, Dallas, TX).

3.4.1 Estimación del HLI

Para la estimación del Heat load index (HLI) se utilizaron las siguientes fórmulas las cuales utilizan un umbral de 25° C de temperatura del globo negro, estos se ajustan de acuerdo a genotipos, colores de piel, estado de salud, si cuentan con acceso a sombra y si tienen agua para beber :

$HLI_{TESFERA > 25} = 8,62 + (0,38 \times HR) + (1,55 \times TESFERA) - (0,5 \times VV) + e^{(2,4 - WS)}$

$HLI_{TESFERA < 25} = 10,66 + (0,28 \times TESFERA) + (1,3 \times TESFERA) - VV.$

HR: humedad relativa (forma decimal)

TESFERA: temperatura del globo negro (°C)

VV: velocidad del viento (m/s)

Los valores estimados del HLI se dividen en cuatro categorías:

- 1) HLI <70: condición termoneutral
- 2) HLI 70,1 a 77: condiciones templadas
- 3) HLI 77,1 a 86: condiciones cálidas
- 4) HLI >86: condiciones muy cálidas

3.4.1.1 Determinación de ola de calor para este experimento

El criterio utilizado para determinar la ocurrencia de una ola de calor se basó en seleccionar los días que durante por lo menos el 50% de las horas diurnas se alcanzaran valores de HLI mayores a 70,1 (por encima del umbral de termoneutralidad para bovinos) y que se mantuvieran en dichos valores por un período de tres días consecutivos o más considerando que la ola no se interrumpe si solo en un día no se alcanza este umbral.

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado fue un diseño completamente aleatorizado (DCA) con dos tratamientos y dos repeticiones.

El modelo general estadístico propuesto fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} = variable de respuesta

μ = media general

τ_i = efecto relativo del i-ésimo tratamiento

ϵ_{ij} = error experimental

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los registros de comportamiento en pastoreo fueron analizados mediante un modelo lineal generalizado, asumiendo que el número de veces que un individuo realiza una actividad sobre el número de veces medido, tiene una distribución binomial siendo la función vínculo la función logit. Las probabilidades de actividad de los efectos significativos se compararon mediante el test de Tukey Kramer.

El modelo presentó la siguiente forma general:

$$\text{Ln}\left(\frac{P_{ijk}}{1-P_{ijk}}\right) = \beta_0 + T_i + P_j(T_i) + D_k + (TD)_{ik}$$

Donde:

$$\text{Ln}\left(\frac{P_{ijk}}{1-P_{ijk}}\right) = \text{logit de la probabilidad de actividad.}$$

β_0 = Intercepto.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento (sin acceso a sombra y con acceso voluntario a sombra).

$P_j(T_i)$ = efecto aleatorio de la repetición (parcela) anidada en tratamiento.

D_k = efecto del k-ésimo día de medición.

$(TD)_{ik}$ = interacción entre tratamiento y día.

El efecto de los tratamientos sobre la ganancia diaria fue analizado con un modelo de heterogeneidad de pendientes y de medidas repetidas en el tiempo. Se usó como covariable el peso vivo de los animales al inicio. Las distintas pendientes fueron comparadas mediante contraste.

El modelo resultante puede escribirse de la siguiente forma:

$$y_{ijkl} = \beta_0 + T_i + \beta_1 \text{PVI}_{ijk} + P_j(T_i) + \varepsilon_{ijk} + \beta_2 D_i + \beta_2^* T_i D_i + \delta_{ijkl}$$

Donde:

y_{ijkl} = peso de cada individuo en cada día.

β_0 = intercepto.

T_i = efecto del i-ésimo tratamiento.

β_1 = coeficiente de regresión correspondiente a la covariable (PVI)_{ijk}.

$P_j(T_i)$ = efecto aleatorio de la repetición (parcela) anidada en tratamiento.

ε_{ijk} = error experimental.

β_2 = ganancia diaria promedio (coeficiente de regresión correspondiente al tiempo).

β_2^* = desvío de la ganancia diaria de cada tratamiento respecto a la ganancia diaria promedio.

δ_{ijkl} = error de la media repetida (entre mediciones dentro de animales).

La relación de la TVAG en función de la TESFERAS fue estudiada ajustando un modelo lineal de heterogeneidad de pendientes y medidas repetidas en el tiempo. La pendiente de la relación entre TVAG y la TESFERAS permite estudiar el grado de efecto de la variación de la temperatura del ambiente meteorológico, integración de la radiación, viento y temperatura y humedad del aire en un solo valor: TESFERAS sobre la variación de la TVAG, como indicador de la temperatura interna de los animales.

El modelo presentó la siguiente forma general:

$$y_{ijk} = \beta_0 + T_i + C_j + \beta_1 EV_{ik} + \beta_1^{\wedge} T_i EV_{ik} + \beta_1^{\wedge} C_j EV_{ik} + \beta_1^{\wedge} (TC)_{ij} EV_{ik} + \varepsilon_{ij} + \delta_{ijk}$$

Donde:

y_{ijk} = temperatura vaginal.

β_0 = intercepto.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

C_j = Efecto de la j-ésima condicionante meteorológica.

β_1 = pendiente promedio de la temperatura vaginal en función de la temperatura de la esfera de Vernon (EV_{ik}).

β_1^{\wedge} = desvío respecto a la pendiente promedio debido al tratamiento ($T_i EV_{ik}$).

β_1^{\wedge} = desvío respecto a la pendiente promedio debido a la condicionante meteorológica ($C_j EV_{ik}$).

β_1^{\wedge} = desvío respecto a la pendiente promedio debido a la combinación de tratamiento y condicionante meteorológica ($(TC)_{ij} EV_{ik}$).

Para el análisis estadístico del experimento se utilizó el procedimiento GLIMMIX del paquete estadístico SAS (SAS OnDemand Institute, Cary, CN, versión 2021).

Las correlaciones entre TVAG, TESFERAS, HLI e IC fueron estudiadas ajustando coeficientes de correlación de Pearson y sus intervalos de confianza al 95%. También se compararon estadísticamente los coeficientes de correlación entre tratamientos. Tanto la construcción de los intervalos de confianza como las comparaciones entre coeficientes de correlación fueron efectuadas utilizando el estadístico Z de Fisher. Se usó el procedimiento CORR del paquete estadístico SAS ya mencionado.

Para la caracterización de la temperatura de las esferas de Vernon se ajustaron modelos ARIMA estacionales (Auto Regressive Integrated Moving Average) donde el modelo que se eligió fue del tipo multiplicativo ARIMA (1,0,0)(1,1,1)₂₄, el mismo correlaciona el dato de cada hora con la hora anteriores y las 24 horas anteriores. Luego se determinó en qué días y horas existían diferencias significativas entre las temperaturas de los tratamientos a través de una prueba t de diferencia de temperaturas estimadas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN METEOROLÓGICA

4.1.1 Variables meteorológicas

4.1.1.1 Temperatura del aire y precipitaciones

En la figura No. 6 se representa la temperatura del aire durante el período experimental, en donde la temperatura del aire promedio fue de 23,0 °C ($\pm 4,9$ DE), la máxima promedio fue de 35,5 °C (con una máxima absoluta de 35,6 °C el 8 de enero 2021) y la temperatura mínima promedio se situó en 12,2 °C (con una mínima absoluta de 9,9°C el 5 de diciembre 2020).

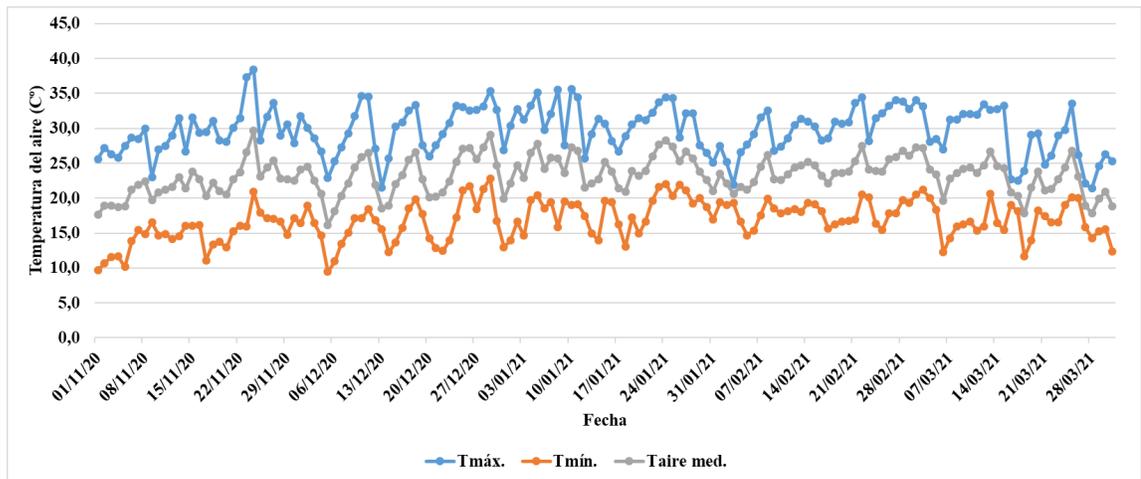


Figura No. 6. Temperatura máxima, temperatura mínima y temperatura media diaria para todo el período de estudio

En el cuadro No. 3 se presentan las precipitaciones y temperatura del aire de forma mensual del período experimental y de la serie histórica (1961-1990) correspondiente a Salto ciudad.

Cuadro No. 3. Precipitaciones y temperatura del aire mensual del período experimental versus la serie histórica de Salto (1961-1990)

	NOVIEMBRE		DICIEMBRE		ENERO		FEBRERO		MARZO	
	1961-1990	2020-2021	1961-1990	2020-2021	1961-1990	2020-2021	1961-1990	2020-2021	1961-1990	2020-2021
TX	39,0	38,4	41,0	35,4	42,2	35,6	41,6	34,4	39,9	34,0
TN	2,3	9,7	5,4	9,5	8,4	13,0	7,0	14,7	4,7	11,6
TXM	26,9	29,4	30,2	29,8	31,5	30,9	30,3	29,9	27,8	28,7
TNM	14,2	14,7	17,1	16,3	18,7	18,1	17,9	17,8	16,0	16,9
RR	129,0	47,0	119,0	168,0	116,0	126,0	132,0	76,0	153,0	69,0

TX: temperatura máxima absoluta, mensual promedio y del mes experimental (°C).

TN: temperatura mínima absoluta, mensual promedio y del mes experimental (°C).

TXM: temperatura máxima media, mensual promedio y del mes experimental (°C).

TNM: temperatura mínima media, mensual promedio y del mes experimental (°C).

RR: precipitación acumulada mensual, promedio climático y del mes experimental (mm).

Analizando el cuadro No. 3 que compara las series históricas publicadas por la Dirección Nacional de Meteorología ahora INUMET 1961-1990 con el año del experimento, se puede decir que no hay grandes diferencias en cuanto a temperaturas para el periodo estival. De hecho, las temperaturas máximas son más elevadas en el promedio histórico en comparación a las del experimento. En cuanto a las precipitaciones son más variables, principalmente en los meses de febrero, marzo y noviembre, siendo estas menores durante el período experimental que en la serie histórica.

4.1.2 Índices biometeorológicos

4.1.2.1 Índice de carga calórica heat load index (HLI)

En la figura No. 7 se muestra el acumulado de horas totales por mes en las que se registraron los diferentes valores de HLI. Se puede observar que en el tratamiento sombra el 97% del periodo experimental el ambiente fue termoneutral y el 3% fue templado, mientras que en el tratamiento sol, durante el periodo experimental el ambiente fue 86% termoneutral, 12 % templado, 5% cálido y 1% muy cálido. Los elevados porcentajes en ambos tratamientos en el rango de termoneutralidad demuestran

que el ambiente en el periodo evaluado no fue condicionante para generar períodos largos de disconfort térmico en los animales.

Durante el periodo experimental el HLI promedio fue de 72,6 (\pm 3,47), el mínimo se situó en 15 y el máximo 82.

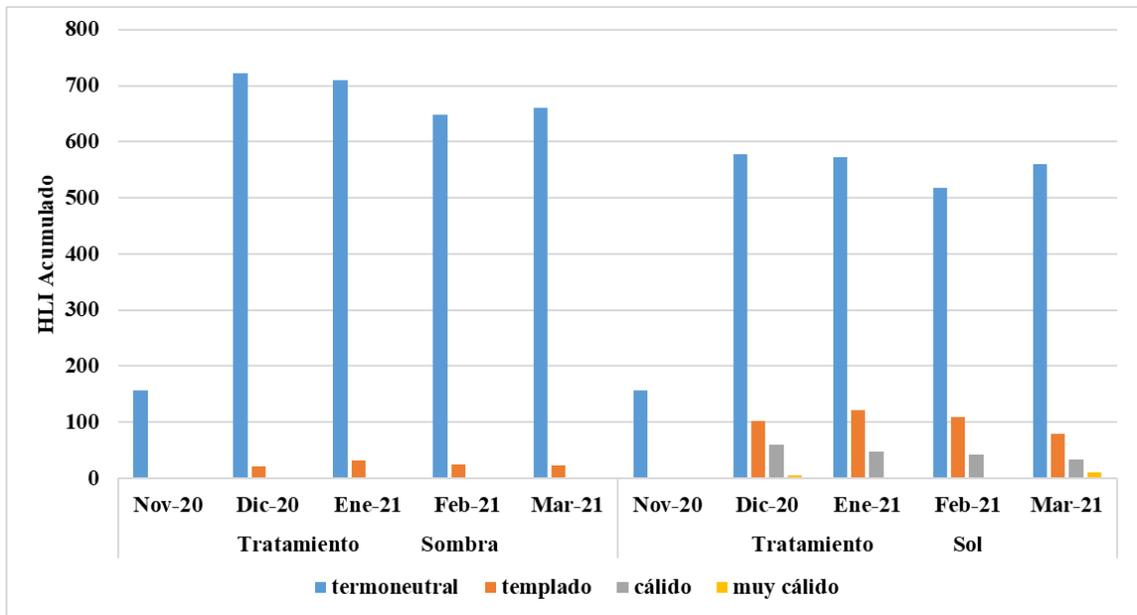


Figura No. 7. Frecuencia mensual (acumulado de horas) en los diferentes umbrales de HLI en sombra y en sol en los meses de noviembre y diciembre del 2020 y enero a marzo del 2021

4.1.2.2 Índice de temperatura y humedad durante el periodo experimental (ITH)

En la figura No. 8 se representa el cálculo del ITH en forma horaria para el periodo experimental noviembre 2020 - marzo 2021, se calculó el ITH en forma horaria. Los valores promedio mensual fueron $58,4 (\pm 3 \text{ DE})$, $70 (\pm 3,17 \text{ DE})$ y $79,1 (\pm 2,88 \text{ DE})$, para mínimo, medio y máximo, respectivamente.

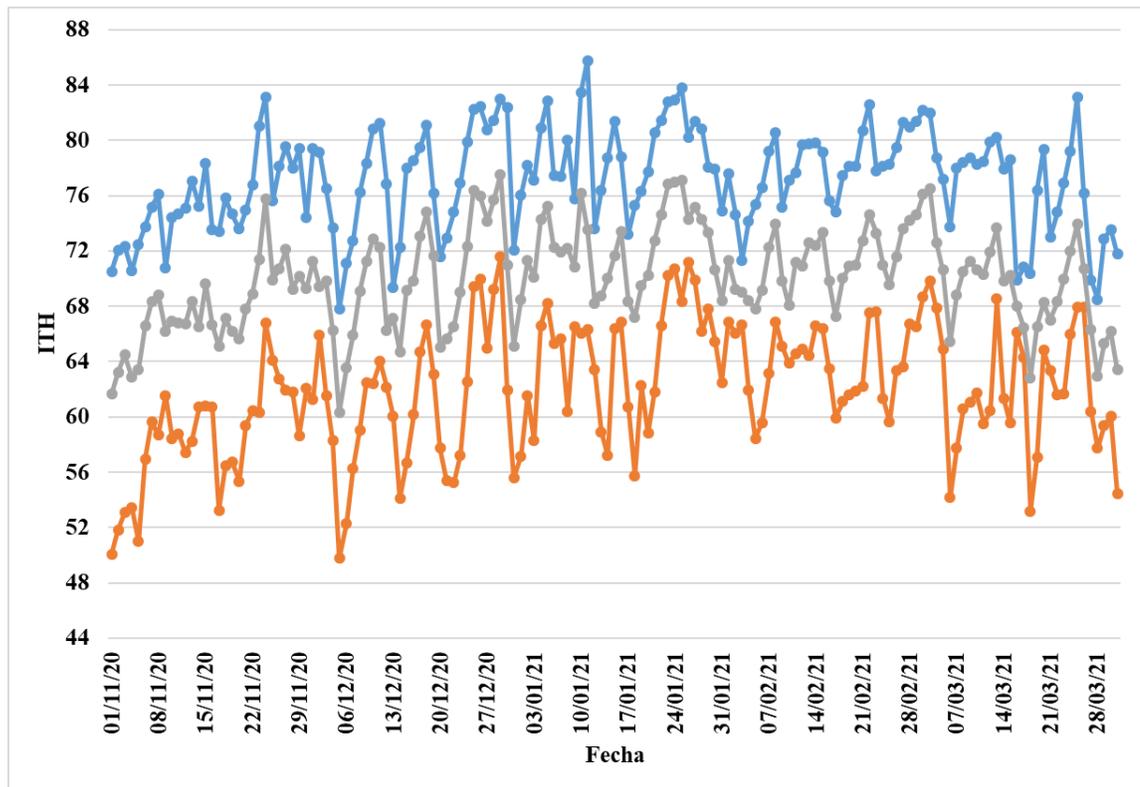


Figura No. 8. ITH máximo (línea azul), mínimo (línea naranja) y promedio diario (línea gris) durante el periodo experimental

4.1.2.3 Esferas de Vernon

En la figura No. 9 se representa TESFERAS máximas, medias y mínimas promedio mensual (\pm DE) durante el experimento y para ambos tratamientos.

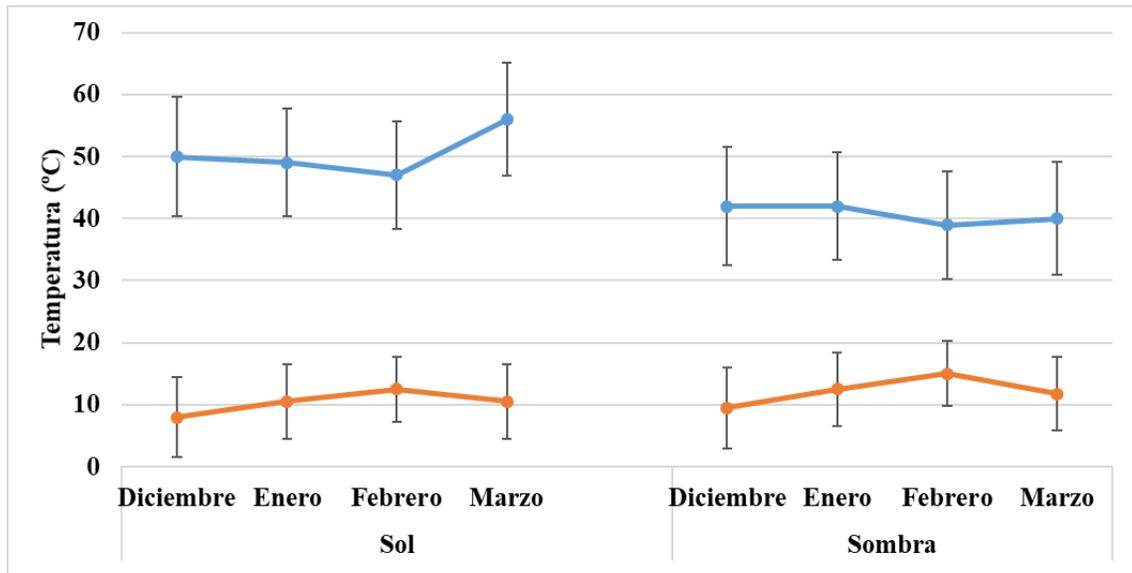


Figura No. 9. Temperaturas máximas (línea azul) y mínimas (línea naranja) promedio mensual (\pm DE) de las TESFERAS al sol y a la sombra correspondientes al periodo experimental

En la figura No. 10 se presentan la cantidad de horas al día en que las TESFERAS del sol son significativamente diferentes a las TESFERAS del tratamiento sombra (p -valor $\leq 0,05$) resultado de comparar las temperaturas predichas del ARIMA.

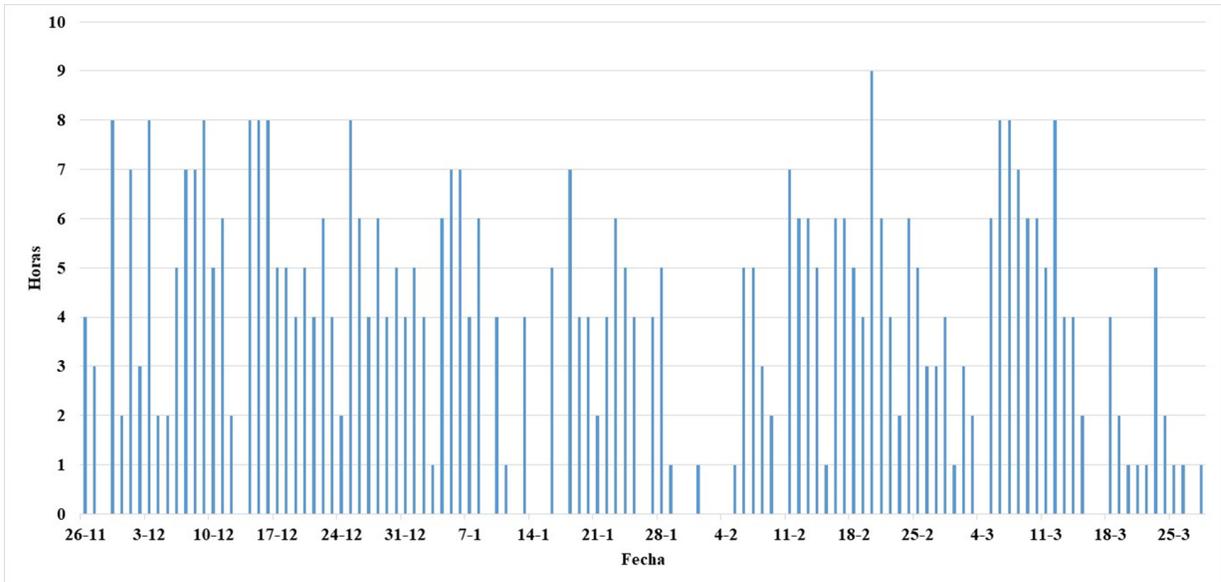


Figura No. 10. Cantidad de horas al día en que las TEFERA ubicadas al sol y a la sombra fueron significativamente diferentes para cada día experimental

Las horas diurnas que fueron significativamente diferentes se encontraron principalmente entre las 10:00 y las 14:00 horas. En las horas nocturnas no se encontraron horas con temperaturas significativamente diferentes entre esferas ubicadas al sol y a la sombra.

4.1.2.4 Ola de calor

Se identificaron olas de calor las cuales variaron entre los tratamientos según los HLI estimados con las TESFERAS. En el cuadro No. 4 se identifican la ola de calor del tratamiento sombra.

Cuadro No. 4. Ola de calor del tratamiento sombra con la cantidad de horas al día en que hubo diferencia significativa entre las temperaturas de las esferas a la sombra y al sol y cantidad de horas con ITH mayor a 72

Fecha de los eventos de ola de calor	Cantidad de horas de las TESFERAS significativamente menor bajo árbol que al sol	Cantidad de horas al día con ITH mayor a 72
24/1/2021	5	20
25/1/2021	4	18
26/1/2021	4	22

En el tratamiento sol se identificaron 6 olas de calor (49 días total), de las cuales dos fueron durante diciembre de 2020 desde el 17 al 19 y desde el 24 al 30. Mientras las otras ocurrieron desde el 4 al 11 de enero 2021, del 21 al 29 de enero, del 6 al 15 de febrero y la última desde el 19 de febrero al 2 de marzo del 2021. En el cuadro No. 5 se presentan la ola de calor más leve (desde el 17 al 19 de diciembre del 2020) y la más severa (desde el 25 al 30 de diciembre del 2020), se puede observar que la clasificación entre leve y severa se debe a la cantidad de horas al día que el ITH fue mayor a 72.

Cuadro No. 5. Ola de calor leve (17 al 19) y severa (24 al 30) en el tratamiento al sol con la cantidad de horas al día en que hubo diferencia significativa entre las temperaturas de las esferas a la sombra y al sol y cantidad de horas con ITH mayor a 72

Fecha de los eventos de ola de calor	Cantidad de horas de las TESFERAS significativamente menor bajo árbol que al sol	Cantidad de horas al día con ITH mayor a 72
17/12/2020	5	6
18/12/2020	5	11
19/12/2020	4	9
24/12/2020	2	2
25/12/2020	8	17
26/12/2020	6	20
27/12/2020	4	15
28/12/2020	6	13
29/12/2020	4	15
30/12/2020	5	5

Como se puede ver en las figuras No. 11 y No. 12 durante la noche los valores de HLI eran ≤ 70 por lo que esas horas de normotermia les permiten a las vaquillonas recuperarse de los valores altos de HLI que ocurren durante el día, en ambos tratamientos se observó lo mismo. Los días que no completan las 24 horas marcan el comienzo y el final de cada ola de calor.

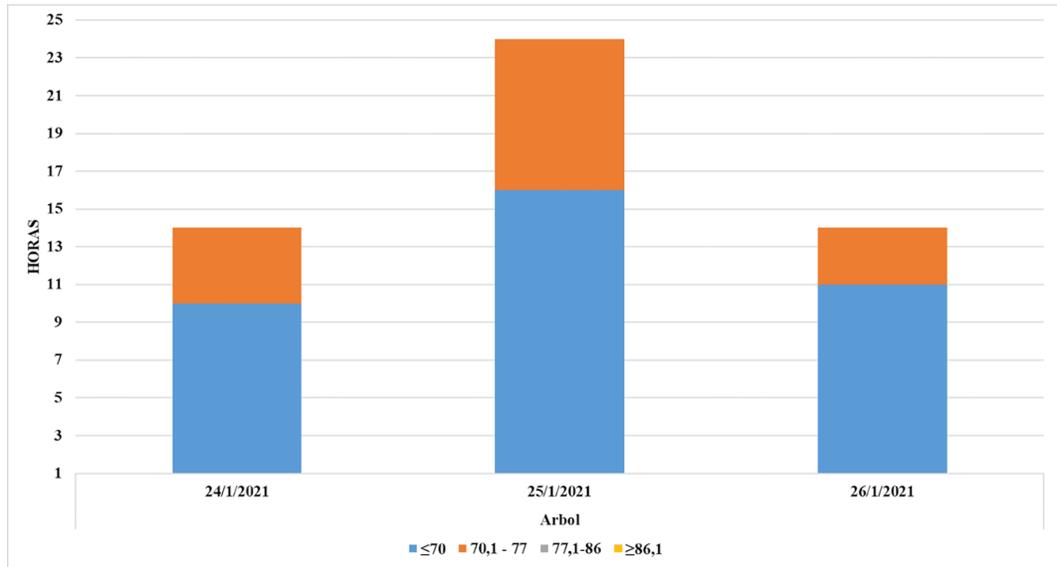


Figura No. 11. Horas correspondientes a cada rango de valor de HLI durante las olas de calor en tratamiento sombra

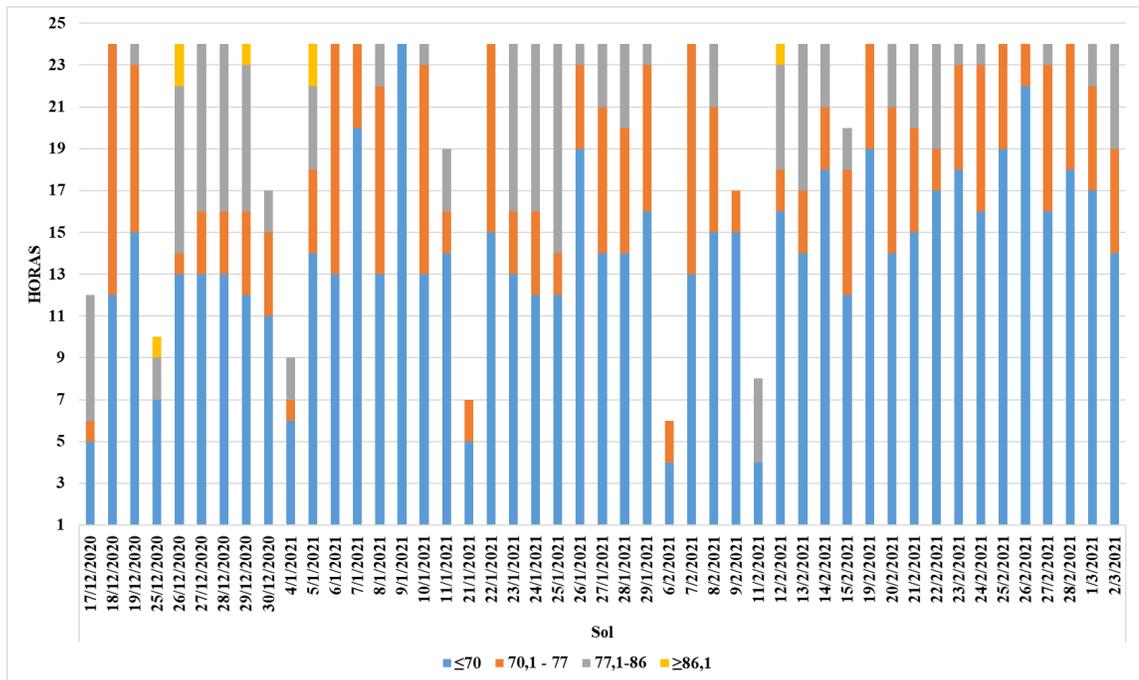


Figura No. 12. Horas correspondientes a cada rango de valor de HLI durante las olas de calor en tratamiento sol

La ola de calor más severa en el tratamiento sol fue desde el 25 hasta el 30 de diciembre del 2020, la misma no se vio reflejada en el tratamiento sombra, el cual presentó una sola ola de calor que duró desde el 24 al 26 de enero del año 2021, por lo que sería un buen indicador que explicaría el servicio ecosistémico de la sombra natural, que ayuda a atenuar los eventos más extremos que se asocian a la variabilidad y al cambio climático.

4.2 COMPORTAMIENTO DE PASTOREO

Como se presenta en el cuadro No. 6 el día 25 de enero del 2021 fueron las condiciones más extremas en que se realizó una jornada de observación de comportamiento de pastoreo.

Cuadro No. 6. Caracterización biometeorológica para cada día de observación

Fecha	11-12-2020	21-1-2021	25-1-2021	15-2-2021	3-3-2021
TESFERA máxima sol (°C)	48,5	38,5	48,5	42,5	44,5
TESFERA máxima árbol (°C)	38,0	33,5	39,5	36,0	40,5
TESFERA mínima sol (°C)	17,0	15,5	19,5	13,5	21,0
TESFERA mínima árbol (°C)	19,5	16,5	21,5	14,5	21,5
ITH promedio (±DE)	72,3 (6,3)	72,8 (6,2)	77,1 (5,4)	73,3 (6,8)	76,6 (4,2)
Total de horas con ITH ≥ 72	13,0	16,0	17,0	10,0	19,0

Como se presenta en el cuadro No. 6 el día 3 de marzo del 2021 fue cuando se acumularon más horas con valores de ITH superiores a 72, en el 80% de las observaciones más del 50% de las horas del día el ITH se encontraba por encima de 72 (nivel crítico). El ITH promedio de las 5 observaciones fue 74,7. Comparando con los datos obtenidos por Buonomo y Bonvicini (2019) quienes calcularon la TESFERA promedio y obtuvieron una diferencia de 8,2°C menos bajo el dosel, en este trabajo la diferencia de las TESFERA promedio es de 2,5°C menos bajo el dosel.

En los cuadros No. 7 y No. 8 se presentan las horas dentro de cada rango de HLI para los días de observación, para las fechas 11/12/2020 y 3/3/2021 no se cuenta con los datos.

Cuadro No. 7. Horas al día que el HLI del ambiente al sol se encuentra dentro de los diferentes rangos (termoneutral, templado, cálido y muy cálido)

Cantidad de horas en rango termoneutral, templado, cálido y muy cálido				
Fecha	70	70,1-77	77,1-86	$\geq 86,1$
21/1/2021	16	8		
25/1/2021	12	2	10	
15/2/2021	19	5		

Cuadro No. 8. Horas al día que el HLI del ambiente a la sombra natural se encuentra dentro de los diferentes rangos (termoneutral, templado, cálido y muy cálido)

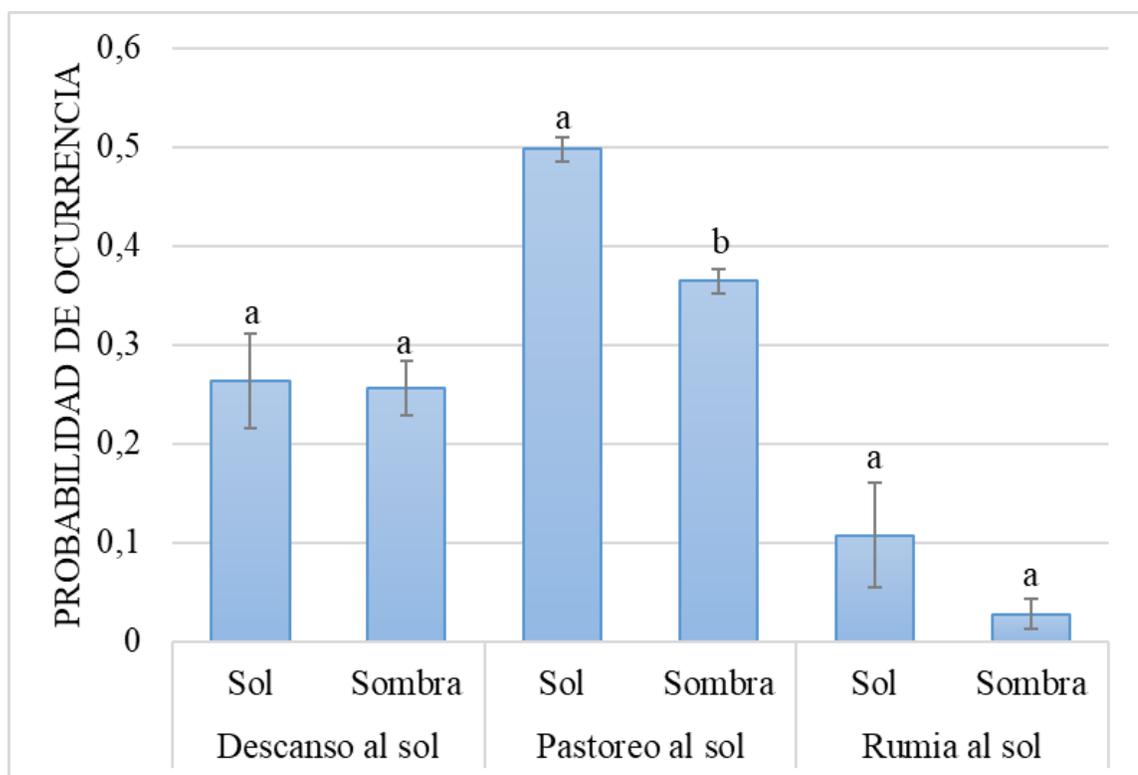
Cantidad de horas en rango termoneutral, templado, cálido y muy cálido				
Fecha	70	70,1-77	77,1-86	$\geq 86,1$
21/1/2021	24			
25/1/2021	16	8		
15/2/2021	23	1		

Para ambos tratamientos más del 50% del día el HLI se encontraba dentro del rango de termoneutral, solo en el tratamiento sol el día 25 de enero del 2021 se alcanzaron valores dentro del rango de HLI cálido ocupando el 41,7% de la duración del día.

4.2.1 Actividades al sol

Se realizó un análisis del comportamiento de las actividades que se desarrollaban al sol de ambos tratamientos con el objetivo de corroborar si los animales que tenían acceso voluntario a sombra o los sin acceso a la misma dedicaban la misma cantidad de tiempo a las diferentes actividades según el ambiente ofrecido. Las actividades registradas fueron descanso al sol (incluye la actividad bebedero), pastoreo al sol y rumiando al sol.

En la figura No. 13 se presentan las probabilidades de ocurrencia de cada actividad para ambos tratamientos. Para la actividad descanso y rumia al sol no hubo diferencia significativa ($p \geq 0,05$), quiere decir que tuvieron la misma probabilidad de realizar dichas actividades, en cambio para la actividad pastoreo al sol hubo una mayor probabilidad de que ocurriera en el tratamiento sol.



Las letras minúsculas iguales dentro de cada actividad significan que no se encontró diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos y las barras representan el error estándar de la media.

Figura No. 13. Probabilidad de ocurrencia del tiempo dedicado a las distintas actividades para ambos tratamientos

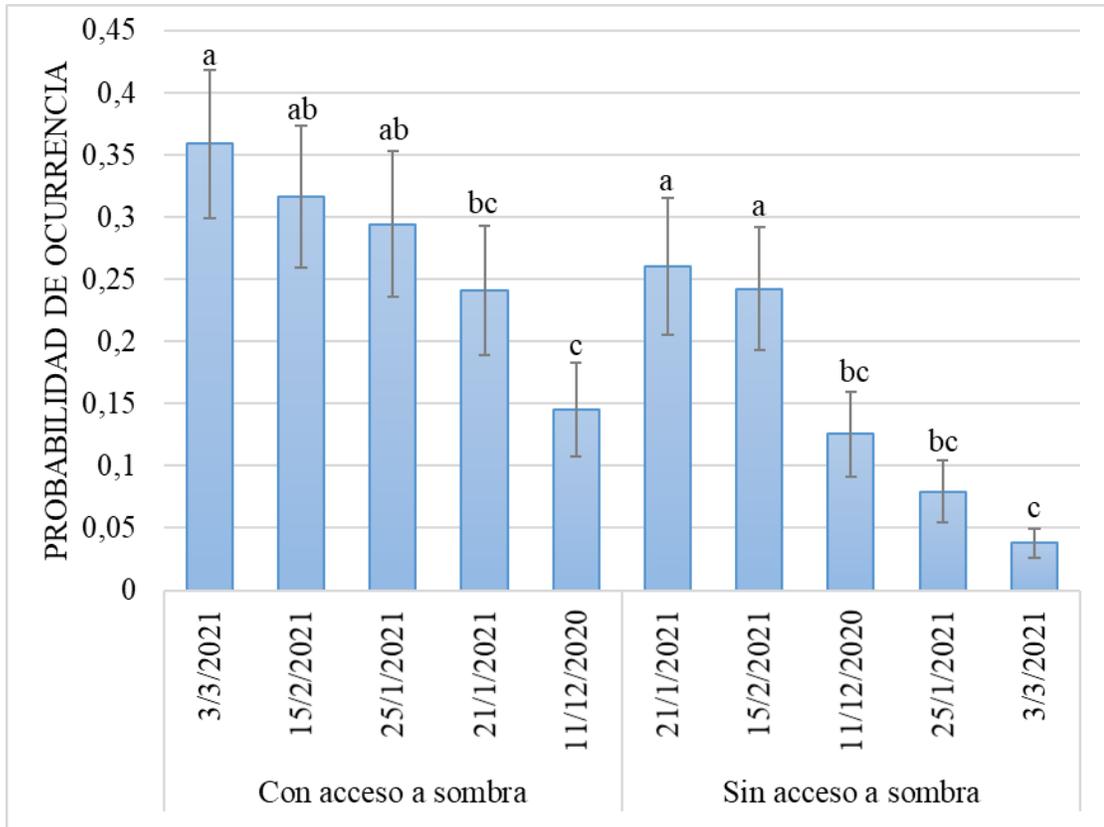
En el cuadro No. 9 se presentan las probabilidades del tiempo dedicado a la actividad descanso al sol en los diferentes días de observación. Los días 15 de febrero del 2021 y 21 de enero del 2021 tuvieron una mayor probabilidad de tiempo dedicado a la actividad que el resto de los días.

Cuadro No. 9. Probabilidad del tiempo dedicado a la actividad descanso al sol en los días de observación

Fecha	Media	Error estándar de la media	Tukey Kramer al 5%
11/12/2020	0,14	0,026	B
21/1/2021	0,25	0,038	A
25/1/2021	0,16	0,030	B
15/2/2021	0,28	0,038	A
3/3/2021	0,13	0,024	B

Las probabilidades que compartan la misma letra en la columna Tukey Kramer significan que no se encontró diferencia significativa (p-valor 0,05) para esos días.

En la figura No. 14 se presentan las probabilidades del tiempo dedicado a la actividad descanso al sol para ambos tratamientos en los diferentes días de observación, se puede observar que en el tratamiento sombra el día con mayor probabilidad de ocurrencia de la actividad fue el 3 de marzo del 2021, mientras que el 11 de diciembre del 2020 fue el día de menor probabilidad. En cambio, en el tratamiento sol los días de mayor probabilidad fueron el 21 de enero y el 15 de febrero del año 2021, mientras que el 3 de marzo del 2021 fue el día de menor probabilidad.

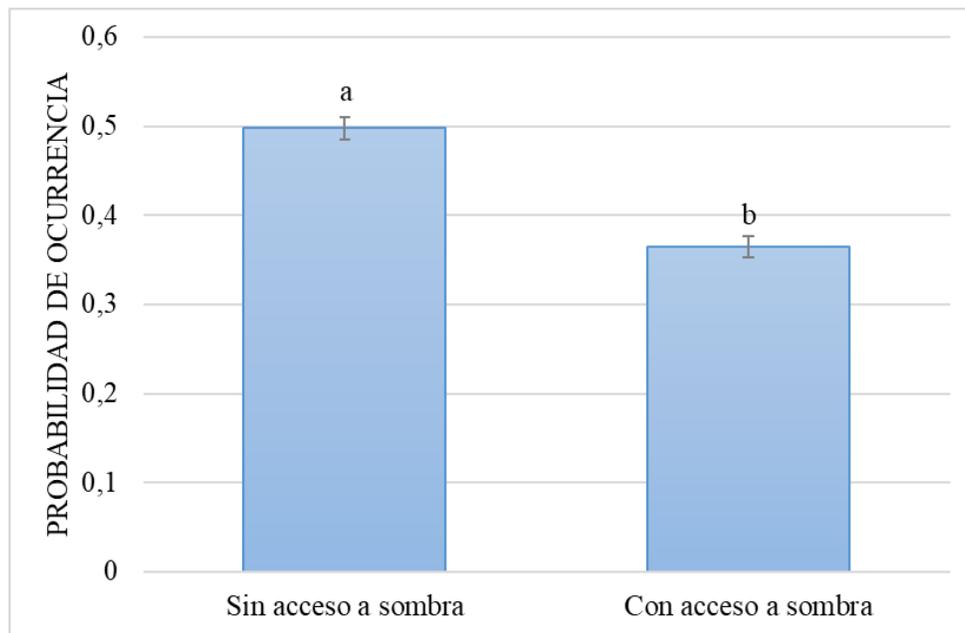


Las probabilidades que compartan la misma letra dentro de cada tratamiento significan que no se encontró diferencia significativa ($p > 0,05$) para esos días.

Figura No. 14. Probabilidad de tiempo dedicado a la actividad descanso al sol para ambos tratamientos en los diferentes días de observación

Se puede apreciar cómo varió según el día de observación el tiempo destinado al descanso al sol a lo largo del experimento en ambos tratamientos y se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los días, lo que quiere decir que en los diferentes días de observación las vaquillonas destinaron diferentes horas para realizar la actividad. Se pudo observar la variación de la probabilidad del tiempo dedicado para cada día, quedando en evidencia que los animales no tienen el mismo comportamiento, pues hay factores como el tiempo meteorológico, la disponibilidad y el estado fenológico de la pastura entre otros que modifican ese patrón de conducta (Bignoli 1971, Bailey et al. 1996).

En cuanto al comportamiento en pastoreo a sol, no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes días de observación ($p \geq 0,05$, anexo No. 1), pero sí se encontró diferencia entre los tratamientos (figura No. 15), teniendo mayor probabilidad de tiempo dedicado al pastoreo al sol. Para la actividad rumia a sol no se encontró diferencia significativa ($p \geq 0,05$, anexos No. 2 y No. 3) entre tratamientos ni entre los días de observación, lo que quiere decir que las vaquillonas no modificaron el tiempo dedicado a la rumia por el hecho de tener o no acceso a sombra.



Las probabilidades que compartan la misma letra dentro de cada tratamiento significan que no se encontró diferencia significativa ($p > 0,05$) para esos días.

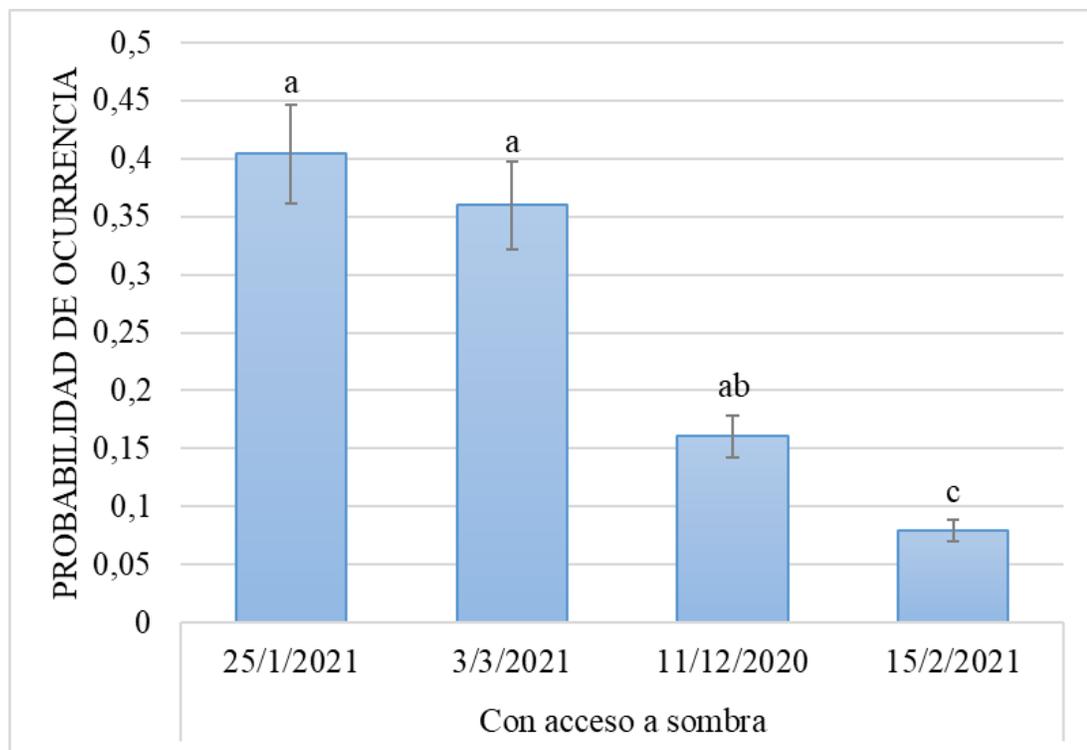
Figura No. 15. Probabilidad tiempo dedicado a la actividad pastoreo al sol en ambos tratamientos

Analizando para la actividad descanso y rumia al sol se observa que las vaquillonas que tienen acceso a sombra no hacían uso de la misma ya que tiene las mismas probabilidades de ocurrencia en ambos tratamientos, lo contrario encontraron Azanza y Machado (1997) quienes obtuvieron como resultado que los animales que tenían acceso a sombra hacían uso de la misma mejorando su ambiente. En este experimento la actividad bebedero se agrupó junto con la actividad descanso y se puede observar que no presentaron diferencia significativa entre ambos experimentos lo que no coincide con los resultados obtenidos por Muller et al. (1994) quienes indicaron que animales sin acceso a sombra permanecieron más tiempo echados o parados sin realizar actividades de pastoreo o rumia y que los animales se agrupan con mayor frecuencia alrededor de los bebederos.

4.2.2 Actividades en la sombra

Dentro del análisis de las actividades realizadas a la sombra se compara dentro del tratamiento sombra ya que las vaquillonas del tratamiento sol no podían realizar estas actividades.

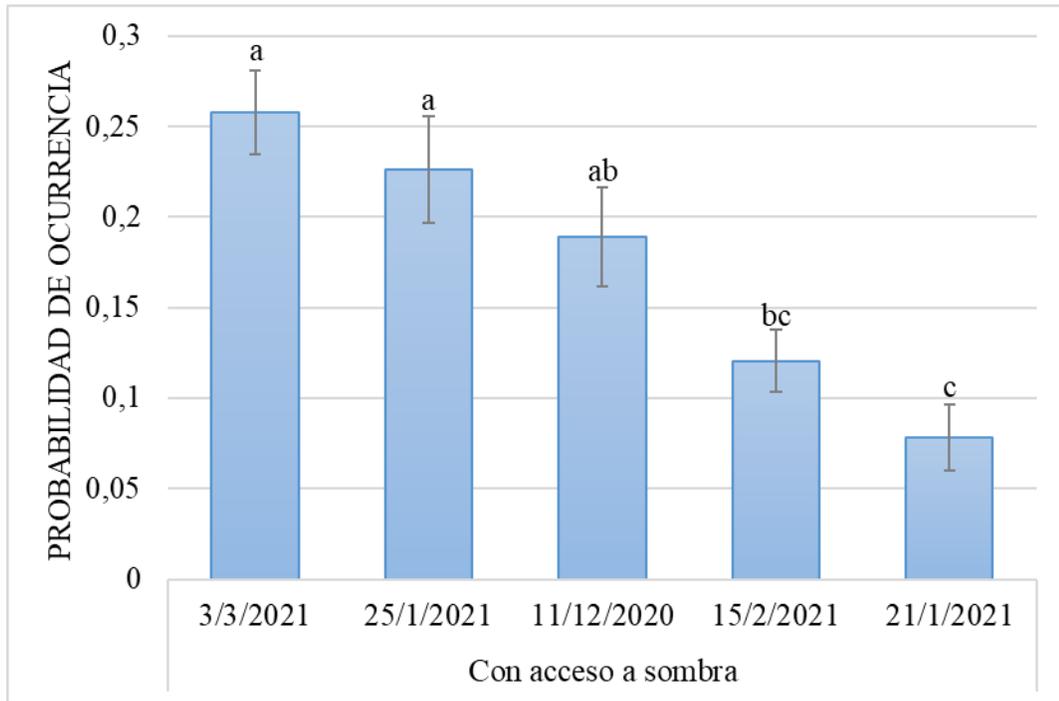
En la figura No. 16 se presentan las probabilidades de tiempo dedicado a la actividad descanso para el tratamiento con acceso a sombra para las diferentes fechas de observación, se puede observar que los días de mayor probabilidad de ocurrencia fueron 25 de enero del 2021 y el 3 de marzo del 2021, mientras que el de menor probabilidad fue el 15 de febrero del 2021.



Las probabilidades que compartan la misma letra dentro de cada tratamiento significan que no se encontró diferencia significativa ($p > 0,05$) para esos días.

Figura No. 16. Probabilidad de tiempo dedicado a la actividad descanso a la sombra para el tratamiento sombra

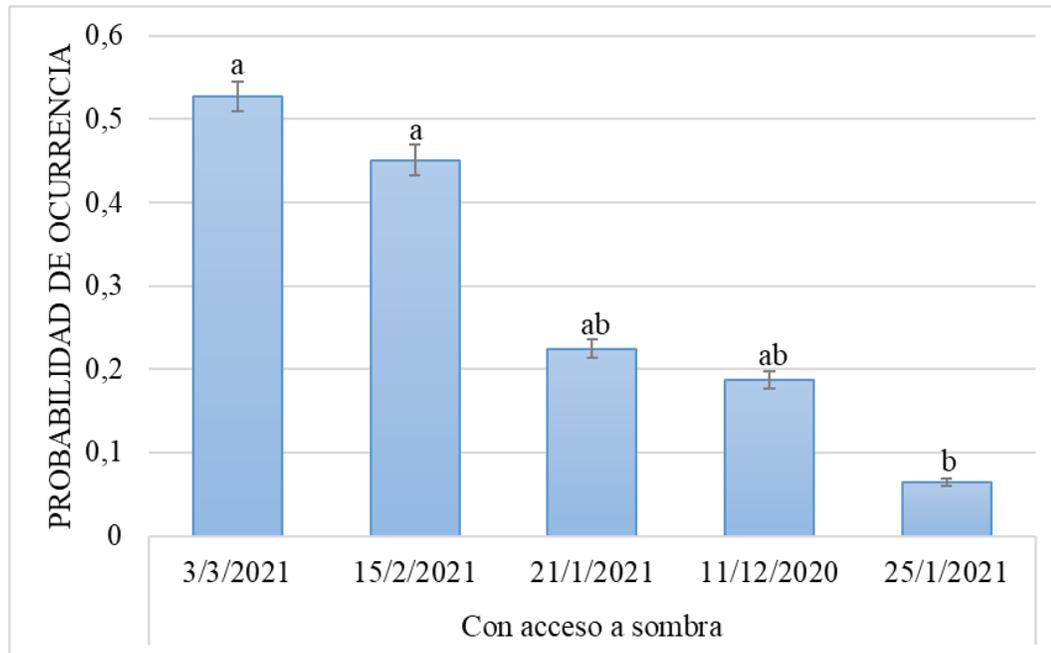
Para la actividad pastoreo a la sombra se puede observar que el día de mayor probabilidad de tiempo dedicado fue el 3 de marzo del 2021 y el de menor probabilidad fue el 21 de enero de 2021 (figura No. 17).



Las probabilidades que compartan la misma letra dentro de cada tratamiento significan que no se encontró diferencia significativa ($p > 0,05$) para esos días.

Figura No. 17. Probabilidad de tiempo dedicado a la actividad pastoreo a la sombra para el tratamiento sombra

En la figura No. 18 se presentan los datos de probabilidad de tiempo dedicado a la actividad rumia a la sombra, y se ve que los días de mayor probabilidad fueron el 3 de marzo y el 15 de febrero del 2021 y el día de menor probabilidad fue el día 25 de enero del 2021.



Las probabilidades que compartan la misma letra dentro de cada tratamiento significan que no se encontró diferencia significativa ($p > 0,05$) para esos días.

Figura No. 18. Probabilidad de tiempo dedicado a la actividad rumia a la sombra para el tratamiento sombra

Analizando las actividades de comportamiento de pastoreo realizadas a la sombra dentro del tratamiento sombra las vaquillonas tienen mayor probabilidad de hacer uso de la misma los días de condiciones más estresantes que serían los días 25 de enero y 3 de marzo del 2021 (cuadro No. 6)

También fueron los días con más horas de ITH mayores al crítico (72), el 25 de enero tuvo 17 horas con valores ≥ 72 y el 3 de marzo alcanzó 19 horas con $ITH \geq 72$. Mientras que el día que alcanzó valores de HLI en el rango de 77-86 (cálido) fue el día 25 de enero del 2021. Eso puede estar explicando la mayor probabilidad de uso de la sombra por las vaquillonas durante esos dos días.

Las figuras No. 19 y No. 20 son promedios de los tiempos dedicados a cada actividad los cuatro días de observaciones ya que no se encontró diferencia significativa entre la interacción tratamiento por día.

En la figura No. 19 se presenta el tiempo total (en minutos) dedicados a cada actividad (B=bebedero, DS=descanso al sol, PS=pastoreo al sol, RS=rumia al sol) en el tratamiento pastoreando permanentemente al sol, se puede observar que los animales dedicaron la mayor parte del tiempo a pastorear seguido por el descanso y luego por la rumia.

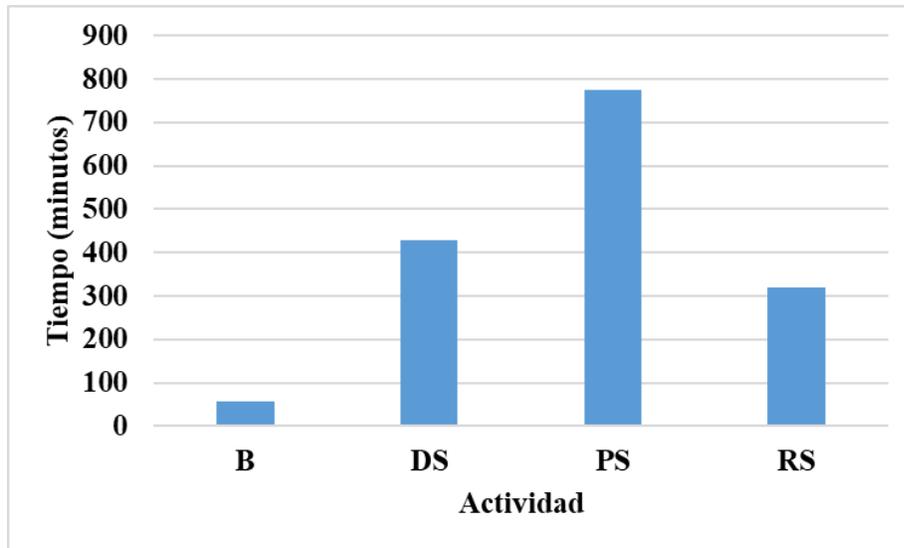


Figura No. 19. Tiempo dedicado a cada actividad (minutos) en el tratamiento sol

En la figura No. 20 se presenta el tiempo (en minutos) dedicado a las diferentes actividades (B=bebedero, DA=descanso bajo los árboles, DS=descanso al sol, PA=pastoreo debajo los árboles, PS=pastoreo al sol, RA=rumia debajo de los árboles, RS=rumia al sol) en el tratamiento pastoreando con acceso a sombra.

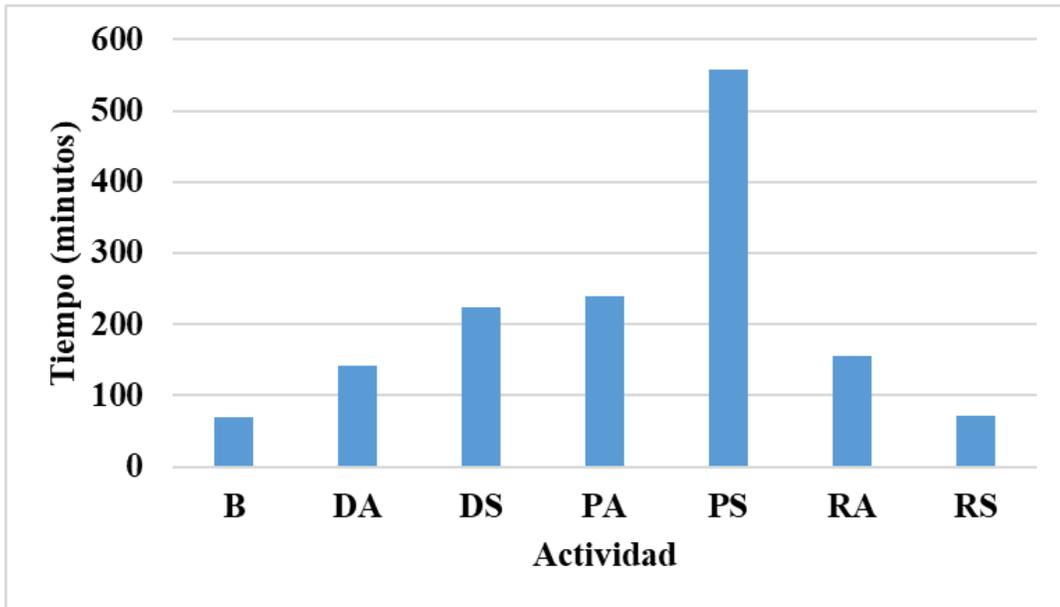


Figura No. 20. Tiempo dedicado a cada actividad (en minutos) en el tratamiento sombra

En las figuras No. 21 y No. 22 se presentan como porcentaje el tiempo dedicado a cada actividad para ambos tratamientos, para cada turno de observación.

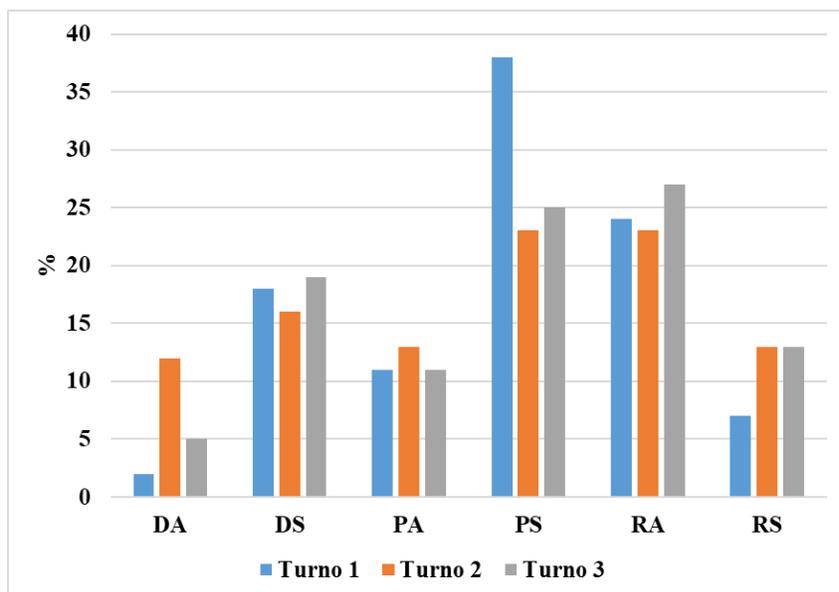


Figura No. 21. Porcentaje de tiempo dedicado a cada actividad por turnos en el tratamiento sombra

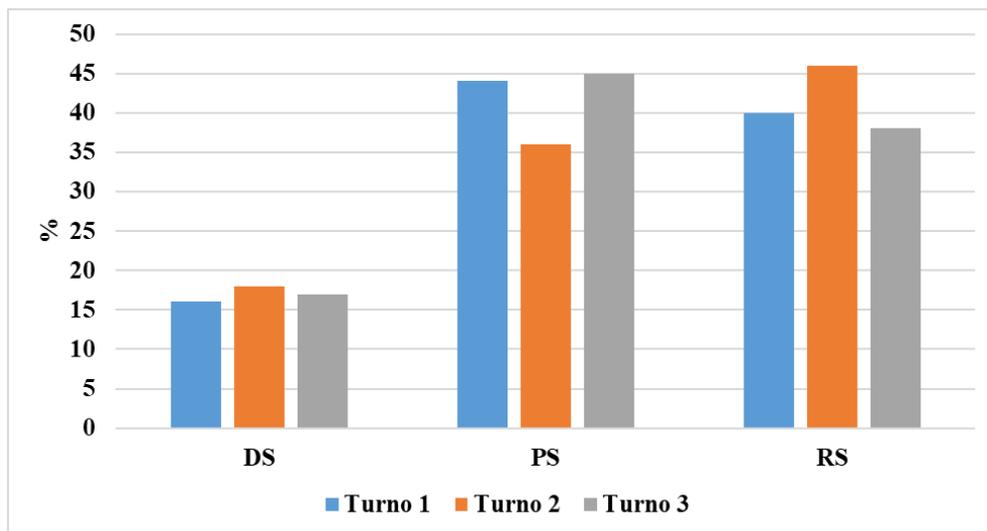


Figura No. 22. Porcentaje de tiempo dedicado a cada actividad por turnos en el tratamiento sol

Analizando por turno de observación (turno 1: 6:00- 10:45, turno 2: 11:00- 14:45 y turno 3: 15:00-18:00) se observa que en el tratamiento con acceso a sombra en el turno 1 el mayor tiempo es destinado al pastoreo al sol, en el turno 2 se destina la misma cantidad de tiempo al pastoreo al sol y a la rumia debajo de los árboles y en el turno 3 la mayor parte del tiempo se destina a la rumia debajo de los árboles. En cambio, en el tratamiento al sol en el turno 1 se destina el mayor tiempo al pastoreo, en el turno 2 donde las condiciones de temperatura y humedad son más altas los animales destinan el tiempo para la rumia y en el turno 3 vuelve a ser mayor el tiempo destinado a la actividad de pastoreo. Resultados similares a los obtenidos por Becoña y Casella (1999) quienes observaron que los animales sin acceso a sombra extienden el pastoreo en las horas de la mañana y los que tienen acceso a sombra lo reanudan más temprano en la tarde y encontraron una reducción en el tiempo de pastoreo para animales dentro de la misma categoría para tratamientos al sol en días donde la temperatura máxima se ubicó entre 29 y 35°C. También Simeone et al. (2014) obtuvieron resultados similares donde vaquillonas sin acceso a sombra pastoreaban la mayor parte del día con respecto a las vaquillonas con acceso a sombra (figuras No. 21 y No. 22).

Durante las jornadas de observación de comportamiento también se monitorio cada 1 hora la escala de jadeo (Gaughan et al., 2008) de las vaquillonas.

Nienaber et al. (2003), afirman que se pueden identificar animales con estrés térmico mediante una escala de jadeo y Suárez et al. (2012) comprobaron que los índices biometeorológicos son una buena herramienta para caracterizar situaciones que pueden generar condiciones de estrés por calor las cuales podrían incidir negativamente en la producción.

Analizando los índices biometeorológicos del experimento y comparándolo con lo mencionado por los autores en el párrafo anterior se determinó que las vaquillonas no se encontraron en condiciones de estrés por calor a pesar de las condiciones ambientales de ola de calor, ya que no se registraron escalas de jadeo diferentes a 0.

4.3 EVOLUCIÓN DEL PESO

En la figura No. 23 se presenta la regresión de la evolución del peso durante todo el experimento para ambos tratamientos.

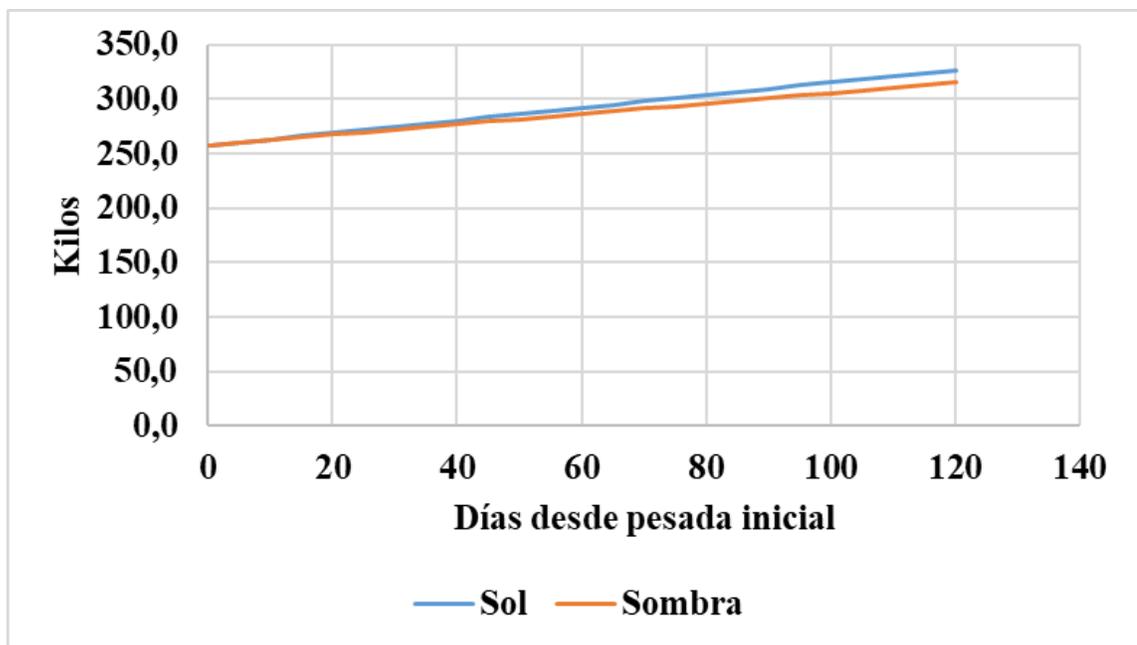


Figura No. 23. Evolución de peso vivo del año 2020/21 entre tratamientos durante el periodo experimental

Como se observa en la figura No. 23 no se encontraron diferencias ($p < 0,05$) entre los tratamientos. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Rovira (2002), Velazco et al. (2012), quienes afirman que en novillos el acceso a sombra artificial no afectó significativamente la ganancia de peso en ambientes similares al de estudio, lo mismo concluyeron Simeone et al. (2010) pero para la sombra natural. En cambio,

Becoña y Casella (1999) si encontraron diferencias significativamente mayores en la ganancia de peso en la categoría terneros Holando y Hereford con acceso a sombra natural en Salto. Linnane et al. (2001) comentan que, si los animales ven impedida la actividad de pastoreo durante las horas diurnas por condiciones como estrés por calor, aumentan las horas de pastoreo nocturno como manera de compensación, por eso no se encontró diferencia en el peso vivo. Simeone et al. (2014) experimentaron una mayor ganancia de peso vaquillonas Hereford con acceso a sombra con respecto a vaquillona sin acceso a sombra.

4.4 TEMPERATURA VAGINAL

Se estudió la correlación de Pearson entre las diferentes variables y se encontró con un 95% de confianza que existe correlación entre las diferentes variables que caracterizan el ambiente meteorológico con la respuesta animal medida como su temperatura vaginal (Tvag), como se presentan a continuación en los cuadros No. 10 y No. 11.

Cuadro No. 10. Correlación entre variables estudiadas para tratamiento sombra

Variable	Con variable	Correlación de muestra	Límites inferior	Límite superior	p valor
TESFERA	Tvag.	0,60355	0,588545	0,618089	<.0001
TESFERA	HLI	0,76617	0,758111	0,773960	<.0001
HLI	Tvag.	0,50285	0,485264	0,519982	<.0001

Cuadro No. 11. Correlación entre variables estudiadas para tratamiento sol

Variable	Con variable	Correlación de muestra	Límites inferior	Límite superior	p valor
TESFERA	Tvag.	0,55167	0,534666	0,568170	<.0001
TESFERA	HLI	0,83717	0,831765	0,842394	<.0001
HLI	Tvag.	0,48091	0,462158	0,499179	<.0001

Analizando los cuadros No. 10 y No. 11 se encontraron correlaciones positivas de medianas a altas con un p valor < 0,05, poblacionalmente entre el límite superior al inferior. Se identifica la asociación entre la temperatura del globo negro (TESFERA) que

caracteriza el ambiente, no solo por la temperatura, sino que además integra las ganancias y pérdidas por radiación y convección.

En el cuadro No. 12 , se observa cuánto aumenta la temperatura vaginal por cada grado que aumenta la temperatura de la esfera de Vernon, en dos niveles de incremento calórico (IC) los cuales indican cuantos grados por encima de la temperatura basal se encuentra la temperatura vaginal, es decir con un IC de 1,5 la temperatura vaginal fue de 38,5°C y con un IC de 2,5 la temperatura vaginal fue de 39,5°C, tomando como temperatura basal 37°C.

Cuadro No. 12. Regresión en dos niveles de incrementos calóricos (IC,°C) en relación a la temperatura (TESFERA) en diferentes ambientes (SOL y ÁRBOL) y diferentes condicionantes meteorológicos (OC, ola de calor y NOC, no ola de calor)

	IC			
	1,5		2,5	
	Estimación	p-valor	Estimación	p-valor
TESFERA árbol	-0,00790	**	0,01781	**
TESFERA sol	0,006455	**	0,001846	ns
TESFERA árbol NOC	-0,00693	**	0,01788	**
TESFERA sol NOC	0,006543	**	0,002359	ns
TESFERA árbol OC	-0,00886	**	0,01773	**
TESFERA sol OC	0,006367	**	0,001333	ns
NOC árbol vs sol	-0,01348	**	0,01552	**
OC árbol vs sol	-0,01523	**	0,01640	**

Donde ns es no significativo (p-valor >0,05) y ** altamente significativo (p-valor ≤ a 0,0001).

En el caso del IC de 0,5 no se encontraron diferencias significativas entre las temperaturas con un p-valor $\geq 0,05$, lo que significa que las vaquillonas cuando tenían una temperatura vaginal de 37,5 °C no había diferencia entre la temperatura vaginal de los animales al sol y a la sombra. En cambio, cuando el IC fue de 1,5 todas las comparaciones presentaron diferencia significativa con un p-valor de 0,05, lo que significa que las temperaturas vaginales difirieron significativamente con la TESFERA. Cuando el IC fue de 2,5 no se encontraron diferencias significativas entre la temperatura vaginal y la temperatura de las TESFERAS que se ubican en el sol para el caso de OC y NOC y si hubo diferencia significativa con un p-valor de 0,05 entre la temperatura vaginal y la TESFERA colocada a la sombra en OC y NOC. Cuando se comparó entre los tratamientos sol y sombra en OC y NOC, la temperatura vaginal fue significativamente diferente a la temperatura de las esferas. Esto demuestra que tener acceso voluntario a sombra hizo variar la temperatura vaginal de la ambiental en condiciones de altas temperaturas (IC=2,5°C).

Los resultados del experimento, se ven influenciados por el número de repeticiones de cada IC, ya que estos varían en su cantidad. En el caso de IC 0,5 °C los n fueron valores muy bajos por eso no se encontró diferencia significativa para ninguna variable (cuadro No. 13). Estos resultados fueron esperados, ya que cuando se trata de situaciones de índice calórico alto, se igualan la cantidad de registros de temperaturas vaginales en los animales en comparación con las esferas.

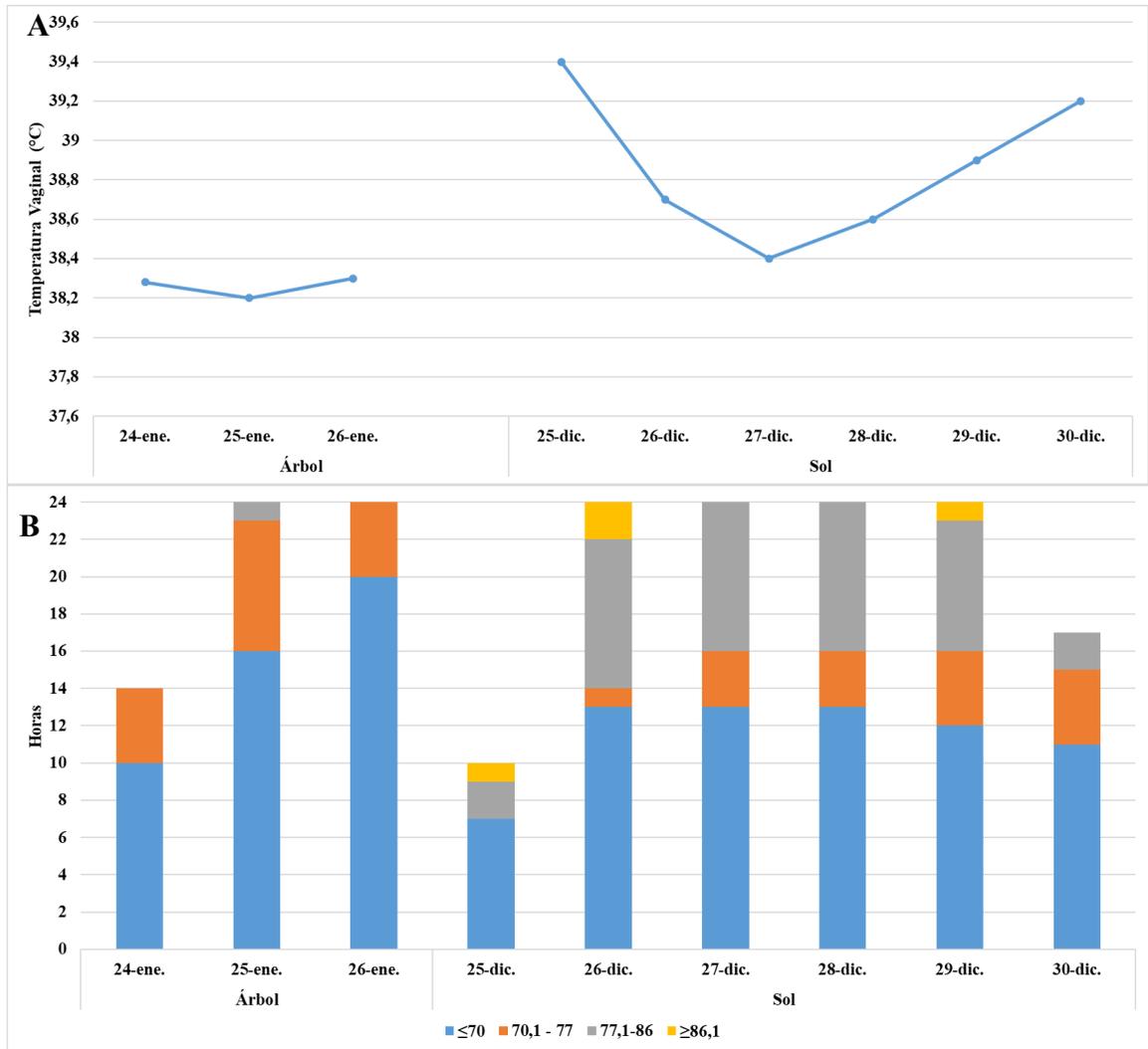
En el cuadro No. 13 se presentan la cantidad de datos utilizados para los cálculos y los valores promedio de TESFERA y HLI

Cuadro No. 13. Promedios de TESFERA y HLI para sol y sombra desde diciembre de 2020 hasta marzo 2021 en relación a la cantidad de datos utilizados (n) del incremento calórico (IC: 0,5; 1,5 y 2,5)

	n	IC	TESFERA	HLI
Promedio sombra	3	0,5	21,2	37,7
	1214	1,5	22,8	44,6
	554	2,5	27,6	64,6
Promedio sol	94	0,5	25,9	57
	2320	1,5	26,1	50,8
	393	2,5	35,2	65,2

En la figura No. 24 se presentan los datos de HLI de la ola de calor más severa del periodo experimental y las temperaturas vaginales correspondientes a cada tratamiento, se puede observar como la ola de calor fue más severa e intensa en el tratamiento sol, y cómo varían las temperaturas vaginales según los diferentes HLI.

Observando las gráficas A y B de la figura No. 24, se puede apreciar el efecto que causa la sombra en la temperatura interna de las vaquillonas. Los animales que se encuentran en el tratamiento sol tuvieron un aumento de la temperatura interna que llegó a los 39,4 °C al comienzo de la ola de calor donde se registraron niveles de HLI \geq 86,1. En cambio en el tratamiento sombra se registraron niveles de temperatura interna de 38,2 a 38,3 °C. Si se comparan los resultados con Tucker et al. (2008), la temperatura vaginal de forma continua en dos estratos, ganado con acceso a sombra 38,6 °C y sin acceso a sombra artificial 38,5 °C, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos con un p-valor de 0,05.



A. Temperatura vaginal promedio diaria (°C) para los animales con acceso voluntario a sombra natural y los animales al sol. B. Valores de HLI según las diferentes categorías durante la ola de calor en diciembre de 2020.

Figura No. 24 Temperatura vaginal y rango de HLI para ambos tratamientos en las dos olas de calor más severas

5. CONCLUSIONES

En Salto en el verano 2020-2021 las relaciones de los factores meteorológicos no provocaron una situación de discomfort, lo que determinó que no se encontrara diferencia significativa en los animales con y sin acceso voluntario a sombra en el tiempo dedicado a las actividades descanso y rumia, pero sí se encontró diferencia entre los tratamientos para la actividad pastoreo y dentro de los tratamientos, lo que quiere decir que vaquillonas expuestas a las mismas condiciones ambientales se comportaron de manera diferente.

Esas mismas condiciones ambientales determinaron que en las vaquillonas de ambos tratamientos existiera una correlación positiva y significativa entre la TESFERA y Tvag. ambas variables presentan una ventaja en relación a la temperatura ambiente, ya que además integran en su valor las ganancias y pérdidas por radiación y advección.

El acceso voluntario a sombra natural en un verano sin condiciones ambientales estresantes, determinaron que no hubiera diferencia significativa en la ganancia de peso vivo entre animales con acceso voluntario a sombra y aquellos que permanecieron siempre al sol.

6. RESUMEN

Con el fin de estudiar cómo afecta el estrés por altas temperaturas a los animales de producción cárnica, se realizó un experimento sobre campo natural en la Facultad de Agronomía. EEFAS en el departamento de Salto, Uruguay, el mismo comenzó en noviembre de 2020 hasta marzo 2021. Se estudiaron a los animales en dos parcelas con dos repeticiones, una con acceso voluntario a sombra y la otra sin acceso a sombra. Los animales en estudio fueron: vaquillonas Hereford de sobre-año. En las cuales se midieron variables tales como comportamiento de pastoreo, situaciones de estrés (escala de jadeo); fisiológicas: temperatura vaginal y productivas: variación de peso vivo. Se caracterizó el ambiente meteorológico donde se realizó el experimento, para ello se utilizó una estación meteorológica automática, esferas de Vernon (Black Globe), con el fin de poder calcular indicadores como: Índice de temperatura y humedad (ITH) y Heat Load Index (HLI) y se tuvieron en cuenta las condiciones en olas de calor (OC) y no ola de calor (NOC). En cuanto a los resultados vale destacar que el periodo experimental no fue un verano de altas temperaturas y humedad lo que pudo haber influido en el desempeño animal sin generarle situaciones de discomfort. El ITH mensual medio fue de 70 ($\pm 3,17$ DE) el cual se encuentra por debajo de la zona de riesgo y el HLI (\pm DE) fue de 72,6 ($\pm 3,47$). Para la ganancia de peso no hubo diferencia entre los tratamientos ($p=0,92$). Para el comportamiento de pastoreo no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, en cuanto a probabilidad de ocurrencia, para las actividades descanso y rumia, pero si para la actividad pastoreo, lo que indica que los animales por más que tenían las mismas condiciones se comportan de manera distinta entre ellos. Se encontró también correlación entre la temperatura vaginal y la temperatura ambiental en no ola de calor ($p=0,0505$). Para comparar cuánto aumentaba la temperatura vaginal al aumentar la temperatura ambiental se utilizó el incremento calórico (IC). Para valores de 1,5 tanto en OC como en NOC se encontraron diferencias entre las temperaturas, en cambio para valores de IC de 2,5 si se encontró diferencias entre las temperaturas ambiente al sol y la temperatura vaginal, y al comparar entre tratamientos en OC y NOC también se encontró diferencia significativa.

Palabras clave: Estrés térmico; Acceso a sombra; Comportamiento; Vaquillonas; Sombra.

7. SUMMARY

In order to study how stress due to high temperatures affects meat productions animals, an experiment was carried out in the department of Salto, Uruguay over a natural field of Facultad de Agronomía. EEFAS and the period of time was from November 2020 to March 2021, the hot season in this latitud. The animals were studied in two plots with two repetitions, one with voluntary access to shade and the other without access to shade. The animals used were over year Hereford heifers. In which variables such as grazing behavior, stress situations were measured through (panting score); physiological: vaginal temperature and productivity: live weight variation. The meteorological environment where the experiment was carried out was characterized, for which an automatic weather station was used, Vernon spheres (Black Globe), in order to be able to calculate indicators such as: temperature and humidity index (ITH) and Heat Load Index (HLI) and heat waves were taken into account. As to the results it is worth noting that the experimental period was not a summer of high temperatures and humidity, which could have influenced animal performance without generating situations of discomfort. The mean monthly ITH was $70 (\pm 3.17 \text{ SD})$ which is below the risk zone and the HLI ($\pm \text{SD}$) was $72.6 (\pm 3.47)$. For weight gain there was no difference between treatments ($p=0.92$), for grazing behavior no significant differences were found between treatments for activities resting in the sun ($p=0.08$), grazing in the sun ($p=0.1729$), ruminating in the sun ($p=0.1621$), but within the treatments, which indicates that the animals, even though they had the same conditions, behave differently among themselves. A higher correlation was also found between vaginal temperature and ambient temperature in the heat wave ($p=0.4299$) than in the non-heat wave ($p=0.0505$). When comparing how much the vaginal temperature increased when the environmental temperature increased, it was seen that with a CI of 0.5 no differences were found between the temperatures, when the CI increased to 1.5 in both OC and NOC, differences were found between the temperatures and when the vaginal temperature increased more to a CI of 2.5, differences were found between the temperatures only in the treatment that had access to shade, and when the treatments in OC and NOC were compared.

Key words: Heat stress; Access to shade; Behavior; Heifers; Shade.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Arias, R. A.; Mader, T. L.; Escobar, P. C. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. (en línea). Archivos de Medicina Veterinaria. 40(1):7-22. Consultado 27 abr. 2022. Disponible en doi: 10.4067/S0301-732X2008000100002
2. Azanza, J.; Machado, E. 1997. Efecto de la disponibilidad de sombra en verano, en vacas lecheras con distintos niveles de producción. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 131 p.
3. Bailey, D.; Gross, J.; Laca, E.; Rittenhouse, L.; Coughenour, M.; Swift, D.; Sims, P. 1996. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. Journal of Range Management. 49:386-400.
4. Batista, P. 2016. Expresión de características de adaptación, crecimiento y comportamiento en la craza Bonsmara-Hereford en sistema pastoril en Uruguay. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 112 p.
5. Becoña, G.; Casella, M. P. 1999. Efecto de la sombra sobre el comportamiento animal de terneros Holando y Hereford en el período estival. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 126 p.
6. Beede, D. K.; Collier, R. J. 1986. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. Journal of Animal Science. 62(2):543-554.
7. Berbigier, P. 1988. Bioclimatologie des ruminants domestiques en zone tropicale. Paris, INRA. 237 p.
8. Bianca, W. 1965. Cattle in a Hot Environment. Reviews of the Progress of Dairy Science. 32:291-338.
9. _____. 1972. Termorregulación. In: Hafez, E. S. ed. Adaptación de los animales de granja. México, Herrero. pp. 135-162.
10. Bignoli, D. P. 1971. Comportamiento de los animales en pastoreo. Dinámica Rural. no. 36:104-106.

11. Blackshaw, J. K.; Blackshaw, A. W. 1994. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 34(2):285-295.
12. Bobadilla, P. E. 2018. Comparación del comportamiento grupal y uso del espacio de ganado de carne (*Bos taurus*) en un sistema de producción silvopastoril y uno de pasturas abiertas. Tesis de Maestría en Producción Animal. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 51 p.
13. Bray, D. R.; Beede, D. K.; DeLorenzo, M. A.; Buckling, R. A.; Nordstedt, R.; Montoya, R. 1993. Environmental Modification to reducing summer stress on Florida dairy farms. Gainesville, Florida, University of Florida. Agricultural Engineering Department. pp. 36-42.
14. Buffington, D. E.; Collazo-Arocho, A.; Canton, G. H.; Pitt, D.; Thatcher, W. W.; Collier, R. J. 1981. Black Globe-Humidity Index (BGHI) as Comfort Equation for Dairy Cows. (en línea). *Transactions of the ASAE*. 24(3):711-714. Consultado 27 jul. 2022. Disponible en doi:10.13031/2013.34325
15. Buonomo, B.; Bonvicini, C. 2019. Montes de abrigo y sombra en predios agrícolas- lecheros: modificación del microclima de estrés calórico animal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 80 p.
16. Cannon, W. 1932. Organization for physiological homeostasis. *Physiological Reviews*. 9(3):399-431.
17. Castaño, J. P.; Giménez, A.; Ceroni, M.; Furest, J.; Aunchayna, R.; Bidegain, M. 2011. Caracterización climática del Uruguay 1980-2009. Montevideo, INIA. pp. 4-6 (Serie Técnica no. 193).
18. Cruz, G.; Saravia, C. 2008. Un índice de temperatura y humedad del aire para regionalizar la producción lechera en Uruguay. *Agrociencia (Uruguay)*. 12 (1):56-60.
19. _____. 2009. Biometeorología del calor sobre la producción de leche de vacas Holstein en Uruguay. Tesis de Maestría. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 84 p.

20. Gaughan, J. B.; Mader, T. L.; Holt, S. M.; Lisle, A. 2008. A new heat load index for feedlot cattle. (en línea). *Journal of Animal Science*. 86(1):226-234. Consultado 15 abr. 2021. Disponible en doi:10.2527/jas.2007-0305
21. Hafez, E. S. 1972. Principios de la adaptación animal. In: Hafez, E. S. ed. *Adaptación de los animales domésticos*. México, Herrero. pp. 14-35.
22. Hahn, G. 1994. Environmental Requirements of Farm Animals. In: Griffiths, J. F. ed. *Handbook of Agriculture Meteorology*. New York, Oxford University. pp. 220-235.
23. INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología, UY). 2021. Definición de ola de calor. (en línea). Montevideo, Uruguay. s.p. Consultado ago. 2021. Disponible en <https://www.inumet.gub.uy/sala-de-prensa/videos/que-es-una-ola-de-calor-y-una-ola-de-frio>
24. Invernizzi, G.; Marziotte, G. 1998. Efecto de diferentes confort térmicos sobre la producción de leche en verano. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 132 p.
25. Johnson, H. D.; Kibler, H. H.; Ragsdale, A. C.; Berry, I. L.; Shanklin, M. D. 1961. Role of heat tolerance and production level in responses of lactating Holsteins to various temperature-humidity conditions. *Journal of Dairy Science*. 44(1):1191-1200.
26. Kendall, P. E.; Nielsen, P. P.; Webster, J. R.; Verkerk, G. A.; Littlejohn, R. P.; Matthews, L. R. 2006. The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. *Livestock Science*. 103(1-2):148-157.
27. Lenis, S. Y.; Zuluaga, A. M.; Tarazona, A. M. 2015. Respuestas adaptativas al estrés térmico en mamíferos. *Revista de Medicina Veterinaria*. 31:121-135.
28. Linnane, M.; Brereton, A.; Giller, P. 2001. Seasonal changes in circadian grazing patterns of Kerry cows (*Bos taurus*) in semi-feral condition in Killarney National Park, Co. Kerry, Ireland. *Applied Animal Behaviour Science*. 71:277-292.
29. Loor, J. 2019. Vaginal temperature as indicative of thermoregulatory response in Nellore heifers under different microclimatic conditions. *PLoS ONE*. 10(14):2-11.

30. Mader, T.; Davis, M.; Brown-Brandl, T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 84(3):712-719.
31. Manery, J. F. 1954. Water and Electrolyte Metabolism. *Physiological Reviews*. 34(2):334-417.
32. Masson-Delmotte, V.; Zhai, P.; Pirani, A.; Connors, S. L.; Péan, C.; Berger, S.; Caud, N.; Chen, Y.; Goldfarb, L.; Gomis, M. I.; Huang, M.; Leitzell, K.; Lonnoy, E.; Matthews, J. B. R.; Maycock, T. K.; Waterfield, T.; Yelekçi, O.; Yu, R.; Zhou, B. eds. 2021. Technical Summary. *In: Climate Change 2021: the Physical Science Basis. Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK, Cambridge University. pp. 33-144.
33. Muller, C. J. C.; Botha, J. A.; Coetzer, W. A.; Smith, W. A. 1994. Effect of shade on various parameters of Friesian cows in a Mediterranean climate in South Africa. 2. Physiological responses. *South Africa Journal of Animal Science*. 24(2):56-60.
34. Nienaber, J. A.; Hahn, G. L.; Brown-Brandl, T. M.; Eigenberg, R. A. 2003. Heat stress climatic conditions and the physiological responses of cattle. *In: International Dairy Housing Conference (5th, 2003, Texas, USA)*. Proceedings. Fort Worth, Texas, ASAE. pp. 255-262.
35. NRC (National Research Council, US). 1981. *Effect of Environmental on Nutrient Requirements of Domestic Animals*. Washington, D. C., National Academy Press. 152 p.
36. _____. 2000. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7th. rev. ed. Washington, D. C., National Academy Press. 232 p.
37. Ominski, K. H.; Kennedy, A. D.; Wittenberg, K. M.; Moshtaghi-Nia, S. A. 2002. Physiological and production responses to feeding schedule in lactating dairy cows exposed to short-term, moderate heat stress. *Journal of Dairy Science*. 85(4):730-737.
38. Rodriguez, R. O; Herrera, M. G.; Blasón, A. D. 2003. Frecuencia, duración e intensidad de las olas de calor en la Argentina. *In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia (13^o, 2003, Santa Maria, Brasil)*. Anais. Santa Maria, SBA/UFSM/UNIFRA. pp. 1087-1088.

39. Rovira, P. 2002. Efecto de la sombra artificial en el engorde de novillos durante los meses de verano. In: Jornada Anual de Producción Animal (2002, Treinta y Tres). Resultados experimentales. Montevideo, INIA. pp. 79-95 (Actividades de Difusión no. 294).
40. Saravia, C. 2009. Efecto del estrés calórico sobre las respuestas fisiológicas y productivas de vacas Holando y Jersey. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 140 p.
41. _____; Astigarraga, L.; Van Lier, E.; Bentancur, O. 2011. Impacto de las olas de calor en vacas lecheras en Salto (Uruguay). *Agrociencia (Uruguay)*. 15 (1):93-102.
42. Silanikove, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*. 67(1-2):1-18.
43. Simeone, A. 2000. Producción intensiva de carne (II). *Revista FUCREA*. no. 205:16-19.
44. _____; Beretta, V.; Caorsi, J. 2010. La forestación y la ganadería en Uruguay. Montevideo, UPM Forestal Oriental. pp. 28-40.
45. _____; _____; _____. 2014. Forestación y ganadería: cuantificando el efecto de la sombra y el abrigo de los montes sobre la performance animal. In: Jornada de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (16^a, 2014, Paysandú, Uruguay). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 24-27.
46. Soares de Lima, J. M.; Montossi, F. 2014. Los sistemas de cría vacuna sobre el Basalto: ante todo, sistema de producción de carne. In: Berretta, J. E.; Montossi, F.; Brito, G. eds. Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del basalto. Montevideo, INIA. pp. 199 - 207 (Serie Técnica no. 217).
47. Starr, J. R. 1988. *Weather, Climate and Animal Performance*. World Meteorological Organization. Technical Note no. 190. 111 p.
48. Suárez, P. E.; Reza, G. S.; Díaz, A. E.; García, C. F.; Pastrana, V. I.; Cuadrado, C. H.; Espinosa, C. M. 2012. Efectos de las condiciones ambientales sobre el comportamiento ingestivo en bovinos de carne en un sistema intensivo en el Valle del Sinú Corpoica. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 13(2):207-212.

49. Thom, E. C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise*. 12:57-59.
50. Tucker, C. B.; Rogers, A. R.; Schütz, K. E. 2008. Effect of solar radiation on dairy cattle behavior, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Applied Animal Behavior Science*. 109(2-3):141-154.
51. Valtorta, S.; Leva, P.; Castro, H.; Gallardo, M.; Maciel, M.; Guglielmone, A.; Anzani, O. 1998. Producción de leche en verano. Santa Fe, Universidad Nacional del Litoral. Secretaría de Extensión. Centro de Publicaciones. 109 p.
52. Velazco, J.; Esquivel, J. E.; Rovira, P. 2012. Efecto del acceso a sombra artificial en la ganancia de peso, estrés y conducta de novillos pastoreando sudangras durante el verano. In: Rovira, P. ed. *Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles de la región Este del Uruguay*. Montevideo, INIA. pp. 45-57 (Serie Técnica no. 202).
53. Widowski, T. 2001. Shade-seeking behavior of rotationally-grazed comoderate climate. In: *International Symposium on Environment* (6th, 2001, Louisville, Kentucky, USA). Proceedings. St. Joseph, Michigan, ASAE. pp. 632- 639.
54. Wise, M. E.; Rodriguez, R. E.; Armstrong, D. V.; Huber, J. T.; Wiersma, F.; Hunter, R. 1988. Fertility and hormone response to temporary relief of heat stress in lactating dairy cows. *Theriogenology*. 29:1027-1036.

9. ANEXOS

Anexo 1. Probabilidad de ocurrencia de la actividad pastoreo al sol en los días de observación

Fecha	Media	Error estándar de la media	Tukey Kramer al 5%
21/1/2021	0,4938	0,0228	A
11/12/2020	0,4917	0,0228	A
25/2/2021	0,4789	0,01724	A
25/1/2021	0,3775	0,02207	A
3/3/2021	0,3161	0,01424	A

Medias seguidas con alguna letra en común, no se encuentran diferencias significativas según prueba de Tukey Kramer al 5%.

Anexo 2. Probabilidad de ocurrencia de la actividad rumia al sol para los diferentes días de observación

Fecha	Media	Error estándar de la media	Tukey Kramer al 5%
21/1/2021	0,06641	0,02649	A
25/2/2021	0,05369	0,02137	A
3/3/2021	0,04624	0,01903	A

Medias seguidas con alguna letra en común, no se encuentran diferencias significativas según prueba de Tukey Kramer al 5%.

Anexo 3. Probabilidad de ocurrencia de la actividad rumia al sol para los diferentes tratamientos

Tratamiento	Media	Error estándar de la media	Tukey Kramer al 5%
Sin acceso a sombra	0,1073	0,05308	A
Con acceso a sombra	0,02728	0,01537	A

Medias seguidas con alguna letra en común, no se encuentran diferencias significativas según prueba de Tukey Kramer al 5%.