

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

COMPORTAMIENTO EN PASTOREO Y TEMPERATURA CORPORAL DE
VAQUILLONAS HOLANDO Y NORMANDO DURANTE EL VERANO

por

Federico BELLÓN BRITO
Mariana Natalia ESPINO DE LEÓN
Bárbara María GREQUE ECHEVARRÍA

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

Zoot. Dra. Patricia Bertoncelli

Ing. Agr. PhD. Laura Astigarraga

Fecha: 27 de mayo de 2022.

Autores: _____
Federico Bellón Brito

Mariana Natalia Espino De León

Bárbara María Greque Echevarría

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de la República, especialmente a la Facultad de Agronomía por brindarnos los medios y la posibilidad de formarnos como profesionales.

A la EEER y el personal que en ella trabaja por brindarnos el apoyo y las herramientas necesarias para desarrollar la instancia práctica de la tesis de grado.

A nuestra directora de tesis Ing. Agr. MSc. Celmira Saravia y nuestra co directora Zoot. Dra. Patricia Bertonegli.

A Ing. Agr. PhD. Laura Astigarraga por su disposición y colaboración a lo largo de la tesis de grado.

A Ing. Agr. Oscar Bentancur por su colaboración en el análisis estadístico de la tesis.

A Sully Toledo, por sus aportes en los aspectos formales de la tesis.

A nuestras familias y amigos por acompañarnos y apoyarnos a lo largo de toda la carrera, siendo un pilar fundamental a lo largo de este camino.

A nuestros amigos y compañeros de facultad con los cuales compartimos gratos momentos a lo largo de la carrera.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 <u>OBJETIVOS</u>	1
1.1.1 <u>Objetivo general</u>	1
1.1.2 <u>Objetivos específicos</u>	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 <u>PRODUCCIÓN LECHERA EN URUGUAY</u>	3
2.1.1 <u>La lechería en Uruguay</u>	3
2.1.2 <u>La lechería en el Norte de Uruguay</u>	3
2.2 <u>ELEMENTOS DEL CLIMA QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN RELACIONADO A PARTIR DE ÍNDICES BIOMETEOROLÓGICOS</u>	4
2.2.1 <u>Caracterización climática del Uruguay</u>	4
2.2.2 <u>Esferas de Vernon o globos negros</u>	4
2.2.3 <u>Índice de Temperatura y Humedad (ITH)</u>	5
2.2.4 <u>Índice de carga calórica (HLI)</u>	9
2.2.5 <u>Ola de calor</u>	10
2.3 <u>ESTRÉS TÉRMICO</u>	11
2.4 <u>TERMORREGULACIÓN</u>	11
2.5 <u>RESPUESTAS FRENTE AL ESTRÉS CALÓRICO</u>	14
2.5.1 <u>Comportamiento en pastoreo</u>	14
2.5.2 <u>Ganancia de peso vivo</u>	15
2.5.3 <u>Uso de sombra</u>	16
2.6 <u>BIOTIPOS</u>	16
2.6.1 <u>Caracterización de Holando (H) y Normando (N)</u>	16
2.6.2 <u>Respuestas al ambiente según biotipo</u>	17
2.7 <u>TEMPERATURA CORPORAL</u>	18
2.8 <u>HIPÓTESIS</u>	19
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	20
3.1 <u>LOCALIZACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y PERÍODO EVALUADO</u>	20
3.2 <u>TRATAMIENTOS</u>	21
3.2.1 <u>Animales experimentales</u>	21
3.3 <u>DETERMINACIONES</u>	22
3.3.1 <u>Comportamiento en pastoreo</u>	22
3.3.2 <u>Temperatura vaginal</u>	22
3.3.3 <u>Peso vivo</u>	22

3.3.4 <u>Caracterización agroclimática</u>	22
3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	23
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	26
4.1 CARACTERIZACIÓN METEOROLÓGICA.....	26
4.2 TEMPERATURA VAGINAL.....	30
4.3 PESOS.....	33
4.4 COMPORTAMIENTO EN PASTOREO.....	35
5. <u>CONCLUSIONES</u>	39
5.1. SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES.....	40
6. <u>RESUMEN</u>	41
7. <u>SUMMARY</u>	42
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	43
9. <u>ANEXOS</u>	53

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Magnitud del estrés según valores de Índice de Temperatura y Humedad (ITH) y propuestas para su atenuación.....	6
2. Ajustes de animales y manejo del umbral superior del índice de carga calórica (HLI) respecto al animal de referencia.....	10
3. Datos meteorológicos por períodos y durante todo el período experimental 2021 en EEBR vs. normales climatológicas (1961-1990) para Melo.....	21
4. Estimación del índice de carga calórica (HLI) y temperatura de las esferas de Vernon a pleno sol y a la sombra durante todo el período experimental.....	26
5. Cantidad de días y tiempo (horas promedio) de índice de carga calórica promedio diario (HLI) según categoría: termoneutral, templado, cálido, muy cálido, para el período evaluado.....	27
6. Temperatura vaginal promedio diaria (°C) registrada para cada biotipo durante el período experimental.....	30
7. Efecto del biotipo y el turno sobre la temperatura vaginal promedio \pm EEM (°C)	31
8. Variación de la temperatura vaginal (°C \pm EEM) para cada BIOTIPO y según el turno por cada 10 °C de aumento de la temperatura de las esferas de Vernon al sol.....	32
9. Variación de la temperatura vaginal (°C \pm EEM) para cada tratamiento y según el turno por cada 10 puntos de aumento del índice de carga calórica (HLI) al sol.....	32
10. Minutos diarios dedicados por cada biotipo a cada actividad a pleno sol y a la sombra durante el período de observación (8 horas) para el primer período experimental.....	35
11. Minutos diarios dedicados por cada biotipo a cada actividad durante el período de observación (8 horas) para el primer	

período experimental.....	36
12. Minutos diarios dedicados por cada biotipo a cada actividad durante el período de observación para el segundo período experimental.....	37
Figura No.	
1. Variación espacial del Índice de Temperatura y Humedad (ITH) del aire en el mes de enero para Uruguay.....	7
2. Variación espacial del Índice de Temperatura y Humedad (ITH) del aire en el mes de febrero para Uruguay.....	8
3. Representación esquemática de las condiciones ambientales críticas para la supervivencia del animal.....	13
4. Temperatura máxima absoluta (°C) diaria para las esfera de Vernon a pleno sol y a la sombra y cantidad de horas al día en las cuales hay diferencias significativas entre ambos ambientes durante el primer período experimental.....	28
5. Temperatura máxima absoluta (°C) diaria para las esferas de Vernon a pleno sol y a la sombra y cantidad de horas al día en las cuales hay diferencias significativas entre ambos ambientes durante el segundo período experimental.....	29
6. Peso vivo promedio (kg) para cada biotipo corregido por peso vivo inicial durante el período de evaluación (días)	34

1. INTRODUCCIÓN

El Uruguay se caracteriza por una producción lechera con base pastoril donde la exposición al ambiente meteorológico de verano aleja a los animales de su zona de confort y de esa forma compromete su desempeño por afectar tanto la fisiología como el comportamiento, y generar una respuesta diferencial al mismo según sea el biotipo (Tucker et al., 2008).

Existen diferentes herramientas a utilizar como forma de disminuir el impacto del estrés térmico sobre la producción animal, una de ellas es la selección del biotipo. La raza lechera predominante en Uruguay (90%) corresponde con el biotipo Holando (H) la cual se destaca por su potencial de producción de leche. También existen, en menor medida, otros biotipos como por ejemplo Normando (N), destacándose por su carácter doble propósito, el cual abarca 1% del rodeo lechero del país (MGAP. DIEA, 2003). Por otra parte, es común el cruzamiento de ambos biotipos en busca de explotar el vigor híbrido y aumentar la estabilidad productiva en situaciones adversas, así como diversificar los ingresos de los sistemas (Astigarraga y Álvarez, 2019).

Comprender el comportamiento y la respuesta de los animales frente a situaciones de estrés por calor permitirá proponer medidas de manejo adecuadas para lograr el mayor confort animal posible y de este modo aumentar la eficiencia productiva del rodeo lechero a nivel nacional.

El objetivo de esta investigación es cuantificar la relevancia del estrés calórico en vaquillonas Holando, Normando y sus cruzas sobre el comportamiento animal, para de este modo dejar evidencia de la importancia del uso de métodos de atenuación del mismo en los meses correspondientes al verano.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

En un sistema de recría lechero de la región Noreste del Uruguay, evaluar el efecto del biotipo (Holando, Normando y sus cruzas), durante el verano, en el desempeño animal en términos de:

- Comportamiento en pastoreo.
- Ganancia de peso vivo.
- Indicadores de confort térmico.

1.1.2 Objetivos específicos

Evaluar mediante el comportamiento en pastoreo el bienestar animal durante el verano.

Evaluar el efecto del acceso voluntario a sombra natural sobre la temperatura corporal del animal y la influencia de la misma en el comportamiento en pastoreo.

Caracterizar el efecto del ambiente meteorológico sobre la performance animal a través de la medición del peso vivo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 PRODUCCIÓN LECHERA EN URUGUAY

2.1.1 La lechería en Uruguay

La mayor proporción de la producción lechera del país se ubica siguiendo dos criterios; cercanía a los principales centros de consumo (cuenca Sur) abarcando los departamentos de Montevideo, Canelones, Florida y San José y aptitud del suelo, para poder llevar a cabo este rubro, a base de pasturas sembradas (litoral Oeste del país) en los departamentos de Colonia, Soriano, Río Negro y Paysandú (MGAP. DIEA, 2003).

También se han desarrollado otras cuencas no tradicionales asociadas a centros poblados y en regiones donde el acceso a tecnología y la capacidad productiva son más limitadas impidiendo alcanzar el máximo potencial de producción, donde se incluyen los departamentos de Salto, Cerro Largo, Rivera, Treinta y Tres (Grau, 2019).

La producción anual de leche se encuentra en los 2200 millones de litros, de los cuales un 49% se produce en la cuenca Sur y un 30% en el litoral Oeste, distribuyéndose el resto a lo largo del país. Del total de lo producido un 30% es dedicado al consumo interno, exportándose el 70% restante (MGAP. DIEA, 2020).

La base de la dieta animal es la pastoril siendo los principales recursos forrajeros las pasturas perennes y anuales (MGAP. DIEA, 2020). Es por ello que los animales se encuentran en constante interacción con el medio meteorológico, el cual finalmente incide sobre el resultado productivo del rodeo.

2.1.2 Lechería en el Norte de Uruguay

Si bien la producción lechera se encuentra mayormente concentrada en los departamentos de San José, Colonia y Florida en el Norte del país existen pequeñas concentraciones de productores, como por ejemplo en Cerro Largo, donde, según el Censo 2018 – 2019, hay 55 establecimientos lecheros abarcando un área de 19100 hectáreas con 6400 vacunos de leche aproximadamente, los cuales representan el 2% de la producción total y con una producción media de 391 litros/ha, la cual se encuentra muy por debajo de la media de la cuenca Sur la cual se encuentra en una producción de 2700 litros/ha (MGAP. DIEA, 2020).

A diferencia de la lechería a nivel nacional, en el Norte del país esta actividad se presenta principalmente como complementaria (MGAP. DICOSE, 2011) ya que esta región se caracteriza por la presencia de sistemas de ganadería extensiva, forestación y arroz (Grau, 2019). A su vez, existe la limitante de menor acceso a insumos para la alimentación animal y adopción de tecnologías, representando el campo natural más de dos terceras partes en la estructura forrajera de la lechería y, traducéndose en menores productividades respecto al resto del país (Astigarraga y Álvarez, 2019). Si bien el biotipo mayoritario en Uruguay es H, teniendo en cuenta las características de producción de los establecimientos lecheros del Noreste, la introducción de biotipos doble propósito (N) o de sus cruzas con biotipos lecheros (N x H), podría resultar en una mayor estabilidad en la producción frente a condiciones desfavorables tales como altas temperaturas en el verano, y, a generar un mejor mercado de los terneros, diversificando los ingresos (Astigarraga y Álvarez, 2019).

2.2 ELEMENTOS DEL CLIMA QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN RELACIONADO A PARTIR DE ÍNDICES BIOMETEOROLÓGICOS

2.2.1 Caracterización climática del Uruguay

El clima en Uruguay es templado y húmedo, con un régimen de precipitaciones constantes a lo largo del año. La temperatura media es de 17°C incrementando desde el Sureste al Noreste con máximas de 19°C en el departamento de Artigas y mínimas de 16°C en Rocha. En cuanto a los meses correspondientes al verano, la temperatura media del país es de 23°C oscilando entre 29°C y 18°C. La humedad relativa promedio del país es de 74% registrándose los máximos en los meses de invierno (78%) y los mínimos en los meses de verano (70%). La velocidad del viento promedio es de 4 m/s aumentando desde el Noreste al Este del país (INUMET, s.f.).

En el Noreste, puntualmente en la zona de estudio (Melo, Cerro Largo), la temperatura media anual es de 17°C con máximas anuales promedio de 23°C y mínimas anuales promedio de 12°C. La humedad relativa media es de 74% y la velocidad del viento es de 4 m/s, siendo iguales a la media registrada a nivel nacional. Sin embargo, para los meses de verano, la temperatura media se ubica en los 22,5°C con máximas de 30°C y mínimas de 15°C, la humedad relativa promedio es de 65% y la velocidad del viento de 4,4 m/s (INUMET, s.f.).

2.2.2 Esferas de Vernon o globos negros

El ambiente meteorológico puede ser caracterizado mediante el uso de esferas de Vernon o globos negros los cuales integran los aportes de calor

por convección y radiación (Berbigier, 1988). La esfera de Vernon es una esfera hueca de cobre pintada de color negro mate con un termómetro electrónico en su interior koolstrak i – buttons (Thermochron DS1921G-F5, Texas Instruments, dallas). Las mismas se colocan en el espacio donde se encuentran animales y se registra la temperatura luego de alcanzarse el equilibrio térmico. La medida obtenida expresa las ganancias o pérdidas de calor del ambiente medido (Hertig, 1972). La temperatura de las esferas de Vernon combina los efectos de temperatura, radiación y velocidad del viento (Gallardo y Valtorta, 2011).

2.2.3 Índice de temperatura y humedad (ITH)

El estrés térmico que sufren los animales es posible estimarlo mediante índices biometeorológicos. Dentro de los mismos se encuentra el Índice de Temperatura y Humedad (ITH) el cual tiene en cuenta la temperatura y humedad del aire y fue desarrollado por Thom (1959) para humanos. Luego se realizaron ajustes por Johnson et al. (1961) para vacas Holando en lactación, determinando un umbral de 72 a partir del cual comienza a disminuir la producción de leche. Zimbelman et al. (2009) ajustaron el umbral de Johnson et al. (1961) a 68 para vacas Holando lactantes de alta producción.

Estimación del ITH según diversos autores:

$ITH = Ta + (0,36 + TPR) + 41,2$, Johnson et al. (1961).

$ITH = (1,8Ta + 32) - (0,55 - 0,55HR/100) (1,8Ta - 26$, Gallardo y Valtorta, 1996).

Donde:

Ta= temperatura del aire (°C)

HR= humedad relativa (%)

TPR= temperatura punto de rocío (°C).

Otra modificación del ITH es su cálculo teniendo en cuenta la temperatura de las esferas de Vernon, donde se incluyen las variables relacionadas con la radiación y el viento (Collier et al., 1981).

A partir del valor crítico determinado por Johnson et al. (1961) se distinguen cinco categorías de estrés térmico para vacas Holando en lactación con sus respectivas propuestas para la atenuación (ver cuadro No. 1).

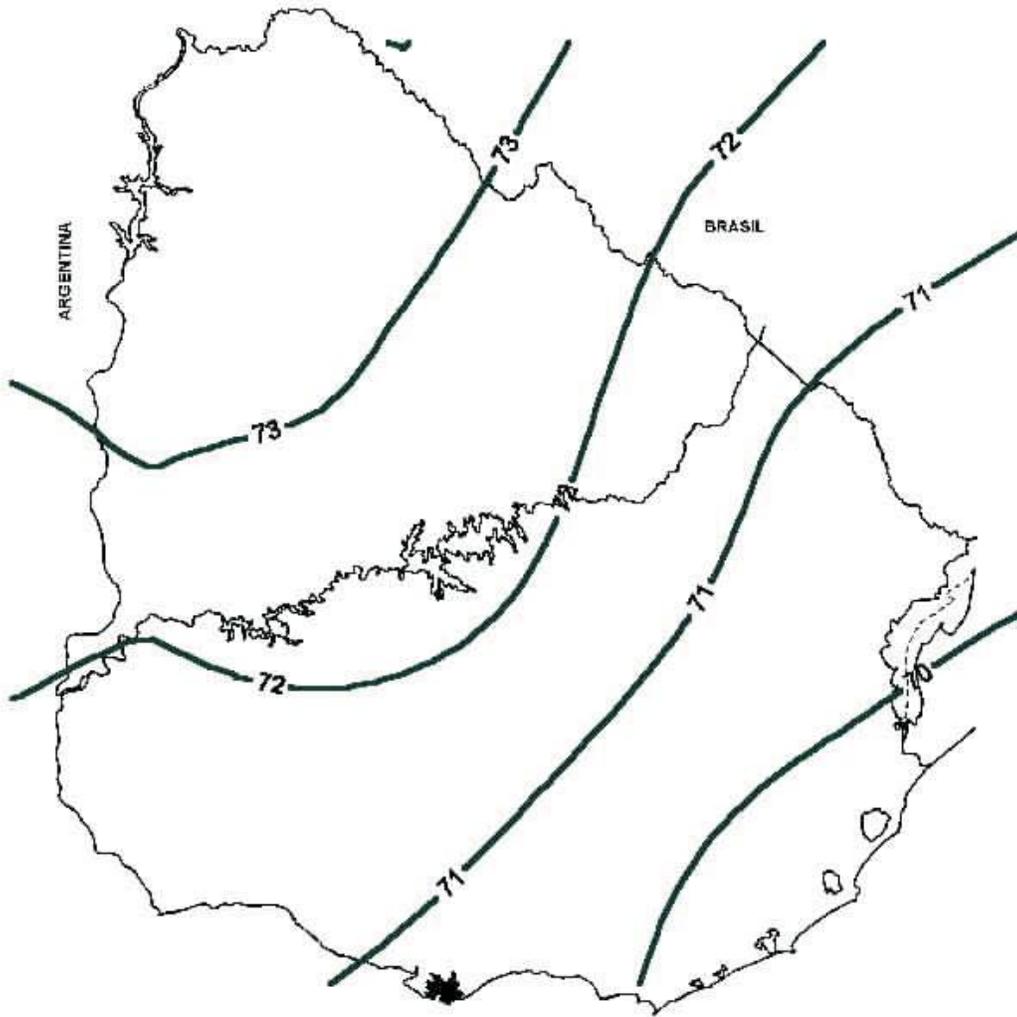
Cuadro No. 1. Magnitud del estrés según valores de Índice de Temperatura y Humedad (ITH) y propuestas para su atenuación

ITH	Categoría	Propuestas
≤70	Normal	Sombra natural o artificial
70 – 72	Alerta- aproximándose al límite crítico de producción de leche	Sombra y comederos ventilados. Agua <i>ad libitum</i> en lugares sombreados.
72 – 78	Crítica- por encima del límite crítico de producción de leche	Lo anterior y, además; aspersores y ventiladores en áreas adyacentes al lugar de ordeño. Dieta. Mejoramiento genético por resistencia al calor. Limitar el desplazamiento del rodeo en las horas más críticas.
78 – 82	Peligro	Lo anterior y comederos con ventiladores y aspersores.
≥82	Emergencia	Ocurre sólo en días particulares. Todas las precauciones posibles.

Fuente: adaptado de du Pérez et al., citados por Cruz y Saravia (2008).

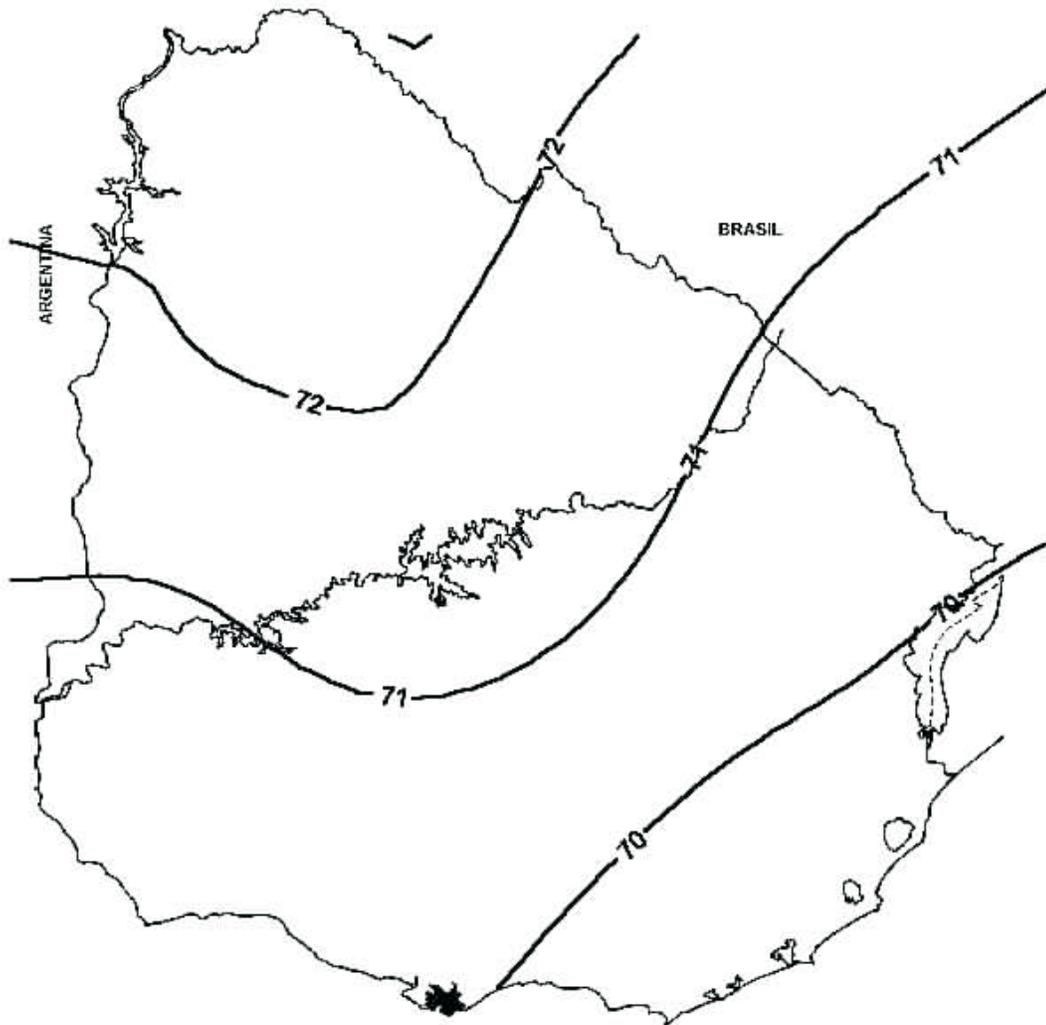
En un estudio realizado en Uruguay por Cruz y Saravia (2008) se caracterizó el ambiente térmico del verano a través del uso del ITH, utilizando la información climática media mensual de diez estaciones meteorológicas permanentes distribuidas en distintos puntos de Uruguay, teniendo en cuenta el umbral crítico de 72 propuesto por Johnson et al. (1961, ver figuras No. 1 y No. 2). En el mes de enero las localidades que presentaron un ITH promedio mensual mayor a 72 con una probabilidad mayor o igual al 50% fueron las ubicadas al Norte del país, siendo en Salto y Artigas las que presentaron probabilidades mayores a 80%. Para Melo, la probabilidad de presentar un ITH mayor a 72 durante el mes de enero fue de 50%, es decir, la mitad de los días del mes, los animales se encontrarían en un ambiente que supera el umbral crítico de estrés por calor. En cuanto al mes de febrero, la zona con valores por encima del valor crítico se situó aún más al Norte del país (Cruz y Saravia, 2008).

Figura No. 1. Variación espacial del Índice de Temperatura y Humedad (ITH) del aire en el mes de enero para Uruguay



Fuente: tomado de Cruz y Saravia (2008).

Figura No. 2. Variación espacial del Índice de Temperatura y Humedad (ITH) del aire en el mes de febrero para Uruguay



Fuente: tomado de Cruz y Saravia (2008).

En un estudio realizado por Osei Amponsah et al. (2020) sobre los efectos del calor en verano en vacas Holstein Fresian en producción en Victoria, Australia obtuvieron una relación altamente significativa ($p \leq 0,01$) entre los valores de ITH diarios (desde 14:00 a 18:00 horas) y frecuencia respiratoria, escala de jadeo y temperatura corporal de las vacas, aumentando los parámetros a medida que aumentó el ITH. Sobre esto se observó que con un valor de ITH promedio mensual menor a 72 la frecuencia respiratoria promedio fue de $66 (\pm 19)$ respiraciones por minuto (r.p.m.). Sin embargo, en el rango de

ITH de 73 a 82 la frecuencia respiratoria se incrementó hasta 82 (± 21) r.p.m., siendo mayor aún el aumento cuando el ITH superó el 83 (113 ± 32 r.p.m.).

2.2.4 Índice de carga calórica (HLI)

Períodos ocasionales de calor excesivo pueden perjudicar el rendimiento y bienestar animal, por lo que, es importante predecir los efectos que ejercen las variables meteorológicas sobre los animales (Gaughan et al., 2008). De los índices más utilizados, como lo es el ITH el cual combina temperatura y humedad del aire, tienen limitaciones al no tener en cuenta los efectos que ejercen la radiación solar, la velocidad del viento, el factor genético y el manejo sobre la acumulación de calor, el enfriamiento natural y/o ambos (Brown Brandl et al. 2005, Mader et al. 2006). La temperatura corporal aumenta durante el día lo que hace que el ganado pueda acumular calor, pero durante la noche (en ausencia de ganancias de calor por radiación solar), al disminuir la temperatura, existe la posibilidad de disiparlo, en caso de no haber suficiente enfriamiento nocturno para que el ganado disipe el calor, al día siguiente puede existir una carga de calor acumulada (Hahn y Mader, 1997).

El índice de carga calórica (Heat Load Index, HLI por sus siglas en inglés) surge como una alternativa para medir los efectos que ejercen las variables meteorológicas sobre los animales, basándose en la temperatura del globo negro o esfera de Vernon (TGN), humedad del aire (HR) y velocidad del viento (VV). Además, tiene en cuenta para su corrección factores tales como genotipo, color del pelaje, estado de salud, acceso a la sombra, área de sombra, alimentación, entre otros (Gaughan et al., 2008).

Las ecuaciones de estimación propuestas por Gaughan et al. (2008) son las siguientes:

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

$$\text{HLI (TGN} < 25) = 10,66 + (0,28 \times \text{HR}) + (1,3 \times \text{TGN}) - \text{VV}$$

El HLI se divide, en 4 categorías (Gaughan et al., 2008):

1. Condiciones termoneutrales: $\text{HLI} < 70,0$
2. Condiciones cálidas: $\text{HLI} \leq 70,1$
3. Condición de calor: $\text{HLI} 77,1 - 86,0$
4. Condición de mucho calor: $\text{HLI} > 86,0$.

Se definió un rango de umbral crítico entre 77 y 86 para un animal de referencia a partir del cual el mismo acumula calor, siendo este un novillo Angus (*Bos taurus* británico) sin acceso a sombra (Gaughan et al., 2008). Sobre este rango existen ajustes los cuales toman en cuenta al animal (genotipo, color de

pelaje, estado de salud) y el manejo del mismo (acceso a sombra), corrigiendo su valor (ver cuadro No. 2).

Cuadro No. 2. Ajustes de animales y manejo del umbral superior del índice de carga calórica (HLI) respecto al animal de referencia

	Ajuste	Efecto relativo sobre el umbral superior de HLI de referencia (86)
Genotipo	<i>Bos taurus</i> británico	0
	<i>Bos taurus</i> europeo	+3
	<i>Bos indicus</i> 50%	+7
	<i>Bos indicus</i> 100%	+10
Pelaje	Negro	0
	Rojo	+1
	Blanco	+3
Estado de salud	Saludable	0
	Enfermo	-5
Sombra	Sin acceso	0
	Con acceso	+3 a +7

Fuente: adaptado de Gaughan et al. (2008).

En cuanto a la relación entre el HLI y el comportamiento animal, Tucker et al. (2008) observaron que los patrones de comportamiento se ven afectados a medida que aumenta el HLI y, por lo tanto, al ser más desfavorables las condiciones meteorológicas para mantener la normotermia, al aumentar el mismo eso resulta en que los animales amplíen el tiempo dedicado al descanso de pie y reduzcan la actividad de pastoreo y descanso echados. También en un estudio realizado por Schütz et al. (2010) con vacas Holstein donde se midió la influencia de la sombra artificial (bloqueando el 99% de la radiación) sobre el comportamiento y fisiología de los animales, se observó un aumento de uso de la sombra a medida que aumentó el HLI (la carga calórica), debido a un aumento de la temperatura corporal, siendo el comportamiento más común estar de pie sin alimentarse debajo de la misma.

2.2.5 Ola de calor

Durante eventos extremos de temperatura denominados ola de calor los animales se desvían de su zona termo neutral, dedicando menos tiempo al pastoreo y, afectando negativamente la productividad, lo cual trae consigo pérdidas económicas (Saravia, 2009). De acuerdo con AMS (1989) una ola de calor “es un período anormalmente cálido y generalmente húmedo de tres días consecutivos o más, con temperaturas por encima de umbrales seleccionados”.

Teniendo en cuenta la intensidad y la duración de la ola de calor, así como el tiempo de recuperación nocturna por parte de los bovinos (horas con ITH <72), Nienaber et al. (2003) confeccionaron las siguientes categorías para los períodos de ola de calor; leve, tenue, moderada, fuerte, severa y extrema. A medida que hay un incremento en las horas diarias de estrés por calor, va disminuyendo la posibilidad que tienen los animales para recuperarse durante el período nocturno (Gallardo y Valtorta, 2011). Los períodos de ola de calor pueden darse en cualquier época del año, siendo más comunes durante el periodo cálido, pero la susceptibilidad de los animales es mayor en periodos donde las temperaturas no son tan altas o al inicio del verano, ya que no se encuentran aclimatados a dicha estación, pudiendo ocasionar la muerte de los mismos (Nienaber et al. 2003, Gallardo y Valtorta 2011). En las olas de calor, al haber varios días con ITH por encima del umbral crítico de 72 propuesto por Johnson et al. (1961) se ve afectado el intercambio calórico de los animales por una falla en la disipación de la acumulación de calor extra, no alcanzando la normotermia durante las horas nocturnas (Gallardo y Valtorta, 2011).

2.3 ESTRÉS TÉRMICO

El estrés por calor es un desafío importante para la producción ganadera sostenible, que compromete el bienestar y el rendimiento de los animales durante los calurosos meses de verano, lo que genera pérdidas multimillonarias para las industrias tanto ganaderas como lecheras mundiales (Osei Amponsah et al., 2020).

Se entiende como estrés a una respuesta biológica a la percepción de una amenaza a la homeostasis, la cual se define según Cannon, citado por Hafez (1972) como “*la conservación constante del ambiente interno mediante las acciones integradas de los diferentes órganos, aparatos o sistemas del animal*”. Las causas que llevan al animal a estresarse son variables entre las cuales se encuentran interacción entre animales, interacción hombre – animal e interacción animal – ambiente. Dentro de la interacción animal – ambiente se ubican los factores meteorológicos, donde, en situaciones de alta temperatura y humedad del aire, con alta radiación solar se afecta el desempeño animal, pudiendo interferir tanto en la producción, reproducción y calidad del producto, como en la predisposición a enfermedades y comportamiento, siendo esto una consecuencia del estrés por calor (Moberg, 2000).

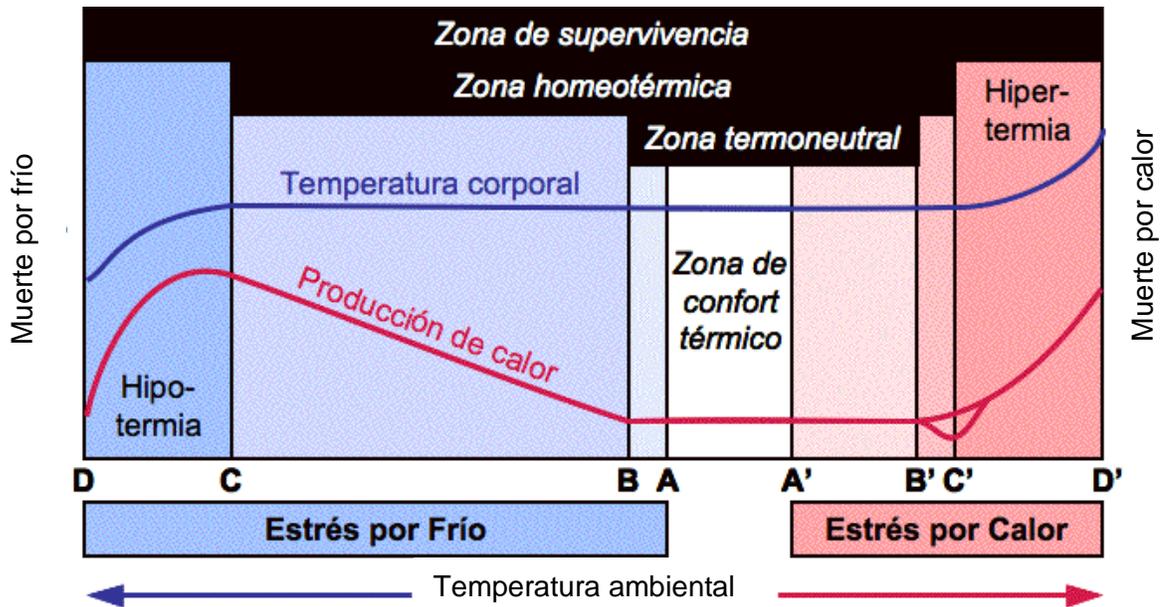
2.4 TERMORREGULACIÓN

Existe influencia del clima en la producción bovina (Johnson, 1987), frente a ello los mamíferos, que son animales homeotermos, mantienen su temperatura corporal estable ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) sin importar las fluctuaciones de la

temperatura ambiente, ya que tienen mecanismos para ceder calor en ambientes cálidos o para producir calor en ambientes fríos, manteniendo así su homeostasis (Hafez, 1968). Para lograr esto, los animales requieren de una disponibilidad de agua y alimento adecuada, donde frente a situaciones de altas temperaturas aumenta el gasto energético de mantenimiento para activar los mecanismos termorreguladores, se deprime el apetito, se incrementa el consumo de agua y cambia el comportamiento animal (reducción de actividad locomotora, tendencia a permanecer echados, salivación, sudoración) con el fin de buscar un microclima de temperaturas más bajas y agradables. Se previene la desviación de las condiciones normales o correctas mediante varios mecanismos homeostáticos, sin embargo, si no se logra la prevención el animal refleja síntomas de enfermedad (Mc Dowell et al., 1976).

Existe un rango de temperatura ambiente (10 – 25°C para bovinos) donde la temperatura del cuerpo es constante realizando un mínimo esfuerzo en los mecanismos termorreguladores y, se corresponde con la zona de confort térmico del animal o normotermia ya que el animal no presenta sensación de frío o calor (Bianca, 1972). Frente a un aumento o disminución de la temperatura del aire que le implique al animal salir de su zona de confort (por superar la temperatura crítica mínima o máxima), se activan mecanismos de defensa para volver a la normotermia (Bianca, 1972, ver figura No. 3).

Figura No. 3. Representación esquemática de las condiciones ambientales críticas para la supervivencia del animal



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 termorregulatorios (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.

Fuente: adaptado de Bianca por Saravia (2009).

Los mecanismos de pérdida de calor del animal pueden darse mediante pérdidas sensibles (marcado control fisiológico por parte del animal) o no sensibles (no hay control por parte del animal). Las pérdidas de calor sensible se relacionan con la evaporación, la cual es la transferencia de energía que se da al cambiar de estado el agua especialmente a través de la sudoración y/o el jadeo. Las no sensibles disminuyen al aumentar la temperatura y, se relacionan con el proceso de radiación, conducción y convección. Por otra parte, las pérdidas por radiación son aquellas donde el transporte de energía se da sin necesidad de presencia de materia. La conducción es un mecanismo de transferencia de energía que se da por contacto, sin transferencia de materia y la convección es el transporte de energía que se da al trasladarse la materia (Bianca, 1972).

El primer mecanismo de respuesta a estrés por calor es la pérdida sensible de calor por evaporación, mediante el incremento de la actividad respiratoria debido a que los bovinos incrementan la frecuencia y disminuyen la profundidad respiratoria (jadean) para aumentar las pérdidas de calor por las vías altas del tracto respiratorio (Mc Dowell et al., 1976). Luego se da la sudoración, la cual es efectiva cuando el sudor se evapora, pero, en situaciones de altos contenidos de humedad en el aire, se disminuye el intercambio entre la superficie del animal y el ambiente, disminuyendo la pérdida de calor por esta vía. Cuando la sudoración y ventilación con frecuencia respiratoria rápida y superficial no son suficientes para atenuar el estrés por calor el animal cambia su comportamiento respiratorio pasando a una respiración con frecuencia lenta y profunda (Bianca, 1972).

2.5 RESPUESTAS FRENTE AL ESTRÉS CALÓRICO

2.5.1 Comportamiento en pastoreo

Los animales en pastoreo presentan un patrón de comportamiento que se caracteriza por una alternancia entre pastoreo, descanso, rumia e interacciones a lo largo del día. Además, establecen sitios de preferencia de alimentación, maximizando el consumo, minimizando el desplazamiento y manteniendo el balance térmico (Scarlato y Soca, 2012). Los tiempos registrados en animales exclusivamente sobre pastoreo a campo varían entre 4 y 11 horas con una media de 8,5 horas (Arnold, citado por Gallardo y Valtorta, 2011).

Los factores ambientales externos pueden ocasionar cambios internos y conductuales, modificando la distribución y duración de las diferentes actividades a lo largo del día (Bailey y Collier, 1986). Animales en pastoreo, muestran cambios tanto de comportamiento como fisiológicos en respuesta al clima cálido (Schütz et al., 2009). La necesidad de los animales de mantener su temperatura corporal dentro de la zona termo-neutral (15 a 25° C, NRC, 2000) puede modificar tanto el patrón temporal de conducta, como su distribución en el espacio y tiempo (Harris et al., 2002). Cuando la temperatura ambiente durante el día se encuentra dentro de la zona termo-neutral, alrededor del 90% de la actividad de pastoreo se desarrolla durante las horas de luz (Harris et al., 2002). Con temperaturas superiores a la zona termo-neutral, puede darse una reducción en la actividad de pastoreo durante los momentos de mayor radiación solar (mediodía), pastoreando durante el día en zonas cercanas a las fuentes de agua y sombra (Harris et al., 2002).

Animales varían sus estrategias de pastoreo ante situaciones de estrés calórico dependiendo de su estado fisiológico, tipo de pastura, acceso a sombra

y condiciones del ambiente térmico (Saravia, 2009). En períodos del año donde ocurren altas temperaturas, los vacunos reducen el pastoreo en la tarde y aumentan el nocturno (Stuth, 1991). En verano, los animales reducen su pastoreo diurno aumentando el nocturno, lo que estaría muy asociado a las temperaturas máximas diarias (Cowan, 1975). En situaciones de clima tropical húmedo, los mismos disminuyen el tiempo total de pastoreo (Castro, 1998), incrementando la búsqueda de sombra, lo que les permite reducir la carga calórica en un 30 a 50% (Blackshaw y Blackshaw, 1994). Cuando se restringe el acceso a la sombra y existen condiciones de estrés por calor, el comportamiento de los mismos sigue el siguiente patrón; acumulación en las esquinas de los potreros, caminata excesiva, visita con mayor frecuencia a los bebederos o fuentes de agua, disminución de la actividad de pastoreo (Albright, 1993).

2.5.2 Ganancia de peso vivo

Durante el verano en Uruguay se presenta un marcado descenso de la ganancia de peso vivo con respecto a lo logrado en primavera (Simeone, 2000). Esta disminución puede ser explicada por dos factores; por un lado, la pérdida de calidad de la pastura por una menor tasa de crecimiento asociada a una pérdida de valor nutritivo, y por otro lado debido a la alta frecuencia de condiciones meteorológicas desfavorables, propias de dicha estación. Esto se ve reflejado en una reducción de la performance animal, medido por un menor consumo voluntario y un incremento del costo energético para mantenimiento asociado a la termorregulación, afectando negativamente el balance energético del animal (NRC, 2000).

Al presentarse condiciones de altas temperaturas combinadas con altos porcentajes de humedad que reducen la pérdida de calor por evaporación, el animal tiene mayores dificultades para eliminar el exceso de calor determinando un aumento en su temperatura corporal (Leaño, 2008). Como respuesta a dicho aumento el animal disminuye el consumo voluntario e incrementa el costo energético para mantenimiento asociado a la termorregulación, afectando negativamente el balance energético del animal, lo cual se traduce en una menor ganancia de peso vivo (Berreta et al., 2013). Sobre esto en trabajos realizados en Florida, USA, se demostró que el peso al nacimiento de terneros provenientes de vacas secas sin sombra fue menor que el de los terneros hijos de vacas con acceso a sombra (West, 1992).

2.5.3 Uso de sombra

Las vacas lecheras exhiben cambios tanto de comportamiento como fisiológicos en respuesta al clima cálido, incluido el aumento de la temperatura corporal y el uso de sombra, utilizándola incluso en los días fríos, lo que sugiere que la sombra es un recurso importante durante el verano (Schütz et al., 2009).

Proporcionar más sombra permite que una mayor proporción de animales use este recurso y reduce los signos respiratorios de carga de calor y baja la escala de jadeo (Schütz et al., 2014). El ganado usa sombra para prevenir un aumento en la temperatura corporal interna, pero esta estrategia de atenuación del incremento calórico solo es efectiva si se proporciona una cantidad suficiente de sombra como forma de disminuir la competencia entre animales y de aumentar el espacio entre ellos, aumentando así el flujo de aire a su alrededor (Schütz et al. 2010, 2014).

El ganado se encuentra mayormente de pie frente a eventos de altas temperaturas como una alternativa para maximizar el flujo de aire alrededor del cuerpo y de esta forma aumentar el área de superficie expuesta al medio ambiente (Ansell, 1981). Sobre esto, en un estudio realizado por Schütz et al. (2010) con vacas Holstein - Fresian donde se midió la influencia de la sombra sobre el comportamiento y fisiología de los animales, se observó un aumento de uso de la sombra a medida que se incrementó la carga calórica, siendo el comportamiento más común estar de pie sin alimentarse debajo de la misma.

2.6 BIOTIPOS

2.6.1. Caracterización de Holando (H) y Normando (N)

Dentro del biotipo H, su mayoría (83%) es de origen norteamericano (INALE, s.f.) siendo esta la raza más difundida a nivel mundial. La misma se destaca por su desempeño lechero, aunque con bajo contenido de sólidos, presentando altos potenciales de producción individual que son expresados cuando las condiciones del entorno son favorables (interacción genotipo por ambiente), sin embargo, si las condiciones no son adecuadas, como ocurre cuando el animal está estresado por períodos prolongados de altas temperaturas, la producción puede verse disminuida (López Villalobos, 2012). En Uruguay el primer registro de esta raza fue tomado por la Asociación Rural del Uruguay (ARU) en 1889, transformándose posteriormente en la raza lechera más importante del país y concentrándose principalmente en la cuenca Sur (ARU, 2009b).

En cuanto al biotipo N, proviene de la región de Normandía, Francia, y se destaca por presentar un carácter de doble propósito, producción de carne y leche (French et al., 1968). Esta raza, si bien tiene un menor potencial de litros de producción en condiciones favorables respecto al biotipo H, presenta la capacidad de estabilizar la producción de leche a lo largo del tiempo cuando las condiciones no son las óptimas, lo que le confiere una ventaja a la hora de afrontar períodos prolongados de estrés (Kolver 2003, López Villalobos 2012). Además, tiene como ventaja un porcentaje de sólidos en la leche mayor que H lo cual es bonificado en la industria uruguaya a la hora de comercializar la leche (Ibarra, 1997). Esta raza fue introducida en el Uruguay en el año 1906 distribuyéndose en varios departamentos, principalmente en el Norte y Noreste del país (ARU, 2009a).

Al comparar ambos biotipos (H y N) se ha observado que la persistencia de la lactancia es mayor en N respecto a H (Dillon et al., 2003), sin embargo, H tiene una mayor producción en kilogramos de leche, grasa, proteína y lactosa, pero menor porcentaje de grasa, proteína y lactosa respecto a N debido al efecto que ejerce la dilución por su alto contenido de agua en leche (Dillon et al. 2003, Delaby et al. 2009). En cuanto a consumo y peso vivo, si bien se ha observado un mayor consumo por parte del biotipo H, no se han observado diferencias significativas en cuanto a peso vivo entre ambos biotipos (Jorge Smeding, 2017). En cuanto a lo reproductivo, N presenta ventajas frente a H ya que el intervalo inter – partos, así como también el intervalo parto – concepción es menor lo cual aumenta la eficiencia de los sistemas productivos debido a que los animales se encuentran más tiempo en producción (André, 2020).

2.6.2 Respuestas al ambiente según biotipo

El ganado que tiene más probabilidades de sufrir estrés por calor se puede determinar a partir de diversas características físicas tales como el color del pelaje. Sobre esto, en un estudio realizado por Gebremedhin et al. (2011) en Nebraska, USA, determinaron si la sombra producía diferencias en el comportamiento de vaquillonas de diferentes biotipos carniceros y se cuantificó el efecto del color del pelaje (negro, tostado, colorado y blanco) sobre la temperatura vaginal. Hubo una correlación lineal directa ($R^2= 0,90$) entre la capacidad de absorción del pelaje (pelajes oscuros mayor absorción) y el tiempo pasado a la sombra. La temperatura vaginal promedio de las vaquillonas fue más alta a pleno sol respecto a la sombra ($p \leq 0.05$). Las vaquillonas de color oscuro presentaron mayor temperatura vaginal al estar de pie respecto a las de color más claro ($p \leq 0.05$) ya que los colores oscuros absorben más radiación solar que los claros.

En un estudio similar realizado por Hillman et al. (2005) en Nebraska, USA, también se dio un mayor aumento de la temperatura vaginal al aumentar la radiación solar en animales oscuros respecto a claros. Además, en ese mismo trabajo, la velocidad de cambio de la temperatura vaginal fue menor cuando los animales estaban de pie ($p \leq 0.05$) debido a que se reduce el área de superficie efectiva de contacto.

Sin embargo, en un estudio realizado por Tucker et al. (2008) donde se comparó el comportamiento y la temperatura corporal de vacas Holando con diferentes pelajes (negro, blanco, blanco y negro) en diferentes tratamientos: sin sombra, o con acceso a sombra bloqueando 25, 50 o 99% de la radiación solar se observó que el pelaje predominantemente negro utilizó la sombra por menor tiempo respecto al pelaje blanco (1% vs. 99%), siendo opuesto a lo que se esperaba, y la razón encontrada para explicar esto fue las diferencias en la efectividad de la sombra para enfriar a las vacas negras respecto a las blancas, siendo mayor en las primeras, por lo que, con menos tiempo bajo la sombra logran disipar más calor respecto a las de pelaje blanco, debiendo usar la sombra con más frecuencia, pero durante un menor lapso de tiempo, ya que también lo absorben más rápido luego de exponerse nuevamente al sol.

2.7 TEMPERATURA CORPORAL

La temperatura corporal es un parámetro importante al estudiar el estrés del ganado. La misma medida en la vagina puede ser utilizada como indicador de la temperatura corporal interna en forma continua, lo que refleja la respuesta de los animales ante los cambios en el ambiente meteorológico, entre ellos los períodos de ola de calor (Tucker et al., 2008).

En cuanto a la relación entre temperatura vaginal e ITH, Fedrigo et al. (2019), encontraron al estudiar biotipos carniceros que el valor de ITH 72,8 constituye el límite crítico superior para el mantenimiento constante de la temperatura vaginal, siendo que valores superiores determinan un aumento lineal de la misma.

La temperatura corporal, y a su vez el comportamiento de los animales está fuertemente influenciada por las condiciones ambientales, y de acuerdo a investigaciones a medida que la temperatura del ambiente aumenta, las vacas pasan más tiempo descansando y menos pastoreando (Overton et al. 2002, Wagner Storch et al. 2003, Zähler et al. 2004). Es por ello que el uso de sistemas silvo pastoriles podría ser una alternativa para atenuar los efectos de estrés térmico sobre los animales (Fedrigo et al., 2019).

2.8 HIPÓTESIS

El biotipo Normando presentaría mayor aptitud ante un ambiente meteorológico adverso que le conferiría la capacidad de dedicar mayor tiempo a actividades como pastoreo y rumia lo cual implicaría una mayor ganancia de peso vivo respecto a Holando.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y PERÍODO EVALUADO

El estudio fue realizado en el departamento de Cerro Largo, en la Estación Experimental “Bernardo Rosengurt” (EEBR), Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay, ubicada sobre la ruta nacional no. 26. “Brigadier General Leandro Gómez” en el del kilómetro 408 (Latitud: 32°25´S y Longitud: 54°15´W). El potrero utilizado fue siempre el no. 5, con un área de 6,6 ha en el primer período de evaluación con acceso a sombra, y 4,8 ha del mismo potrero en el segundo periodo evaluado con el acceso a sombra restringido.

El potrero se caracteriza por ser un campo natural con gran diversidad de especies entre las cuales predominan: *Paspalum notatum*, *Paspalum dilatatum*, *Cynodon dactylon*, *Axonopus affinis*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens* y una disponibilidad al inicio del período de evaluación de 1195 kg MS/ha. Además, dispone de un monte constituido predominantemente por cipreses calvos (*Taxodium distichum*) adultos abarcando 2500 m² (167 m²/vaca) y una cañada con acceso limitado para los animales y, por este motivo, fueron instalados bebederos con el objetivo de evitar que el agua fuera limitante a lo largo del experimento. En total se realizaron 29 días de evaluación entre los meses de enero y marzo, abarcando el primer período 21 días desde el 21/01/2021 al 12/02/2021 y el segundo período de 8 días, desde 27/02/2021 al 07/03/2021.

Los datos meteorológicos del período analizado fueron tomados de dos estaciones meteorológicas ubicadas en el sitio experimental, una al sol y otra a la sombra. La temperatura promedio al abrigo meteorológico ubicado al sol del período experimental fue de 23°C con una máxima promedio de 29°C y una mínima promedio de 17°C, datos que coinciden con las normales climatológicas reportadas para la zona de estudio (ver cuadro No. 3). La humedad relativa promedio fue de 75% y la velocidad del viento media de 1,6 m/s. Al analizar por separado los dos períodos experimentales se observó que en el caso del segundo período los valores disminuyeron con respecto al primero.

Cuadro No. 3. Datos meteorológicos por períodos y durante todo el experimento 2021 en EEBR vs. normales climatológicas (1961-1990) para Melo

	Primer período	Segundo período	Todo el período	Melo
T. máx. absoluta (°C)	33,3	29,2	33,3	40,4
T. mín. absoluta (°C)	10,4	9,4	9,4	1,0
T. máx. promedio (°C)	29,1	28,0	28,9	29,2
T. mín. promedio (°C)	17,8	17,1	17,1	16,1
T. media (°C)	23,4	22,6	23,0	22,5
VV promedio (m/s)	1,7	2,0	1,6	4,4
HR promedio (%)	75	76	75	65

Temperatura del aire (T.), velocidad del viento (VV), humedad del aire (HR), máxima (máx.), mínima (mín.).

3.2 TRATAMIENTOS

3.2.1 Animales experimentales

En total se evaluaron 15 vaquillonas de las razas Holando (H, 4), Normando (N, 5) y cruza (C, 6) nacidas entre marzo de 2018 y junio de 2019. El peso vivo promedio inicial fue de 367 kg \pm 62kg H, 368 kg \pm 51 kg N y 338 kg \pm 37kg C respectivamente.

La elección dentro de cada biotipo fue al azar en base al criterio de tamaño, seleccionando dos animales grandes, dos pequeños y uno mediano para cada raza. Para el caso de la raza H, no fue posible seleccionar 5 animales debido a que no había en el establecimiento stock que cumpliera con los requisitos para ingresar al experimento. En el caso de los animales C, se seleccionaron 6 con el objetivo de contrastar el color del pelaje.

3.3 DETERMINACIONES

3.3.1 Comportamiento en pastoreo

En ambos períodos se realizaron diariamente 2 turnos de observación, siendo el primero desde las 08:00 hasta las 12:00 y el segundo desde las 14:00 hasta las 18:00, exceptuando 2 días en la semana donde se realizó la medición de peso vivo a las 7:00 y sólo se registró la actividad en el horario vespertino. En los mismos se registró cada 15 minutos la actividad predominante en ese lapso. Las mismas fueron: rumia (R)/ pastoreo (P)/ descanso (D) y, en el caso de estar descansando; parada (L)/ echada (E). Además, en el primer período, al haber acceso a sombra se registró; sol (S)/ sombra (A). Por otra parte, se tomó registro del acceso al agua (B).

3.3.2 Temperatura vaginal

La temperatura vaginal fue medida a través de dispositivos CIDR (Monodosis, Fatro) en los cuales se colocó un sensor de temperatura koolstrak i - buttons (Thermochron DS1921G-F5, Texas Instruments, Dallas) en la vagina de las vaquillonas. Para el primer período se registró la temperatura vaginal cada 30 minutos y para el segundo cada 15 minutos con el objetivo de aumentar la precisión. Cabe destacar que la medición fue realizada en ambos períodos de manera ininterrumpida.

Para la colocación de los mismos se procedió a seguir el siguiente protocolo:

1. Sumergir el aplicador la solución antiséptica no irritante (Aseptol).
2. Colocar el CIDR con el i – buttons en el aplicador.
3. Lubricar y agregar un antibiótico en el extremo del aplicador.
4. Limpiar la zona donde se introducirá el dispositivo.
5. Introducir el aplicador en la vagina hasta la porción delantera.
6. Accionar el aplicador y liberar el dispositivo.

3.3.3 Peso vivo

Durante ambos períodos se registró dos veces a la semana, jueves y viernes, a partir de las 07:00 el peso vivo animal sin desbaste previo. Para ello se utilizó una balanza electrónica (TK3505 Terko) con una precisión de 0,1 kg.

3.3.4 Caracterización agrometeorológica

Para la caracterización meteorológica fueron instaladas dos estaciones meteorológicas automáticas una al sol y otra a la sombra (EM50G Data Logger,

ICT International, Australia) con los siguientes sensores: de temperatura y humedad del aire, velocidad del viento y precipitación a una altura de 1,5m sobre el suelo. También fueron instaladas a pleno sol y en la sombra esferas de Vernon con sensores que midieron la temperatura del aire (representando los aportes calóricos por radiación solar directa y convección) cada 1 hora. Las mismas son huecas, de cobre, pintadas de color negro mate y con un diámetro de 15 cm (Berbigier, 1988).

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

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

Los registros de comportamiento en pastoreo fueron analizados ajustando 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 vinculó la función logit. Las probabilidades de actividad de los efectos significativo se compararon mediante el test de Tukey Kramer.

El modelo presentó la siguiente forma general:

$$\text{Ln}\left(\frac{P_{ij}}{1-P_{ij}}\right) = \beta_0 + A_i + S_j$$

Donde:

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

β_0 = Intercepto.

A_i = efecto del i-ésimo biotipo (Normando, Holando o Cruza).

S_j = efecto de la k-ésima semana (1, 2, 3, 4, 5).

El efecto de los biotipos 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 desvío del peso vivo de los animales respecto al promedio de su biotipo. Las distintas pendientes fueron comparadas mediante contraste.

El modelo resultante puede escribirse de la siguiente forma:

$$y_{ijk} = \beta_0 + A_i + \beta_1 PVID_{ij} + \varepsilon_{ij} + \beta_2 DI_{ijk} + \beta_{2i}^* A_i DI_{ijk} + \delta_{ijk}$$

Donde:

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

β_0 = intercepto.

A_i = efecto del i-ésimo biotipo.

β_1 = coeficiente de regresión correspondiente a la covariable $PVID_{ij}$.

B_j = efecto de la j-ésima caravana.

ε_{ij} = error experimental.

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

β_{2i}^* = desvío de la ganancia diaria de cada biotipo respecto a la ganancia diaria promedio.

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

El efecto de los biotipos y los turnos sobre la temperatura vaginal fue estudiado mediante un modelo lineal de medidas repetidas en el tiempo. Las medias de los efectos significativos se compararon mediante la prueba de Tukey-Kramer.

El modelo presentó la siguiente forma general:

$$y_{ijk} = \mu + A_i + T_j + (AxT)_{ij} + \varepsilon_{ijk} + \delta_{ijkl}$$

Donde:

μ = media.

A_i = efecto del i-ésimo biotipo.

T_j = efecto del j-ésimo turno.

$(AxT)_{ij}$ = efecto de la interacción del biotipo por turno.

ε_{ijk} = error experimental entre animales.

δ_{ijkl} = error de las medias repetidas (días).

La relación de la temperatura vaginal en función de la temperatura de la esfera de Vernon fue estudiada ajustando un modelo lineal de heterogeneidad de pendientes y medidas repetidas en el tiempo. La pendiente de la temperatura vaginal y la TGN permite estudiar el grado de efecto de la variación de la TGN sobre la variación de la temperatura vaginal.

El modelo presentó la siguiente forma general:

$$y_{ijk} = \beta_0 + A_i + T_j + \beta_1 ES_{ik} + \beta_{1i}^* A_i ES_{ik} + \beta_{1j}^* T_j ES_{ik} + \beta_{1ij}^* (AT)_{ij} ES_{ik} + \varepsilon_{ij} + \delta_{ijk}$$

Donde:

y_{ijk} = temperatura vaginal.

β_0 = intercepto.

A_i = Efecto del i-ésimo biotipo.

T_j = Efecto del j-ésimo turno.

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

β_{1i}^* =desvío respecto a la pendiente promedio debido al biotipo ($A_i ES_{ik}$).

β_{1j}^* = desvío respecto a la pendiente promedio debido al turno ($T_j ES_{ik}$).

β_{1ij}^* = desvío respecto a la pendiente promedio debido a la combinación del biotipo y turno ($(AT)_{ij} ES_{ik}$).

Para el HLI el modelo es análogo al anterior donde se sustituye la TGN por HLI.

Para la caracterización de la temperatura de las esferas de Vernon se ajustaron modelos ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average) donde el modelo que se eligió fue del tipo multiplicativo ARIMA (1, 0, 0) (2, 0, 0)₂₄ con un $R^2 = 0,91$ para esfera sol y ARIMA (1, 0, 0) (2, 0, 0)₂₄ con un $R^2 = 0,942$ para la esfera a la sombra.

El modelo resultante se puede escribir como:

$$y_t = \mu + \phi_{1,1} y_{t-1} + \phi_{2,1} y_{t-24} + a_t + \theta_{1,1} a_{t-24}$$

donde

μ es el intercepto

ϕ_{ij} son los coeficientes de autocorrelación de las observaciones

θ_{ij} son los coeficientes de autocorrelación de los residuales

a_t es la secuencia de errores aleatorios

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN METEOROLÓGICA

La temperatura ambiental promedio de todo el período evaluado fue de 23°C con máxima de 29°C y mínima de 17°C. Estos datos coinciden con los datos reportados por INUMET (s.f.) para la zona en estudio (22,5°C promedio), siendo el año evaluado un año normal similar al promedio climático (ver cuadro No. 3). Por otra parte, considerando que la temperatura promedio se ubicó por debajo del límite crítico (25°C) utilizado para vacas Holando en lactación según Berman et al. (1985) y, teniendo en cuenta que la temperatura sería menor para animales que no se encuentren en producción, se podría decir que los mismos no tuvieron que afrontar temperaturas que les provocaran disconfort (no se dieron eventos de ola de calor a lo largo del período experimental).

Cuadro No. 4. Estimación del índice de carga calórica (HLI) y temperatura de las esferas de Vernon a pleno sol y a la sombra durante todo el período experimental

	HLI SOL	HLI SOMBRA	ESFERAS SOL	ESFERA SOMBRA
Mín. absoluto	24	22	8	12
Máx. absoluto	85	69	47	32
Media ± DE	50 ± 17,6	42 ± 12,7	25 ± 4,1	22 ± 8,3

Mínimo (mín.), máximo (máx.)

El HLI promedio fue de 50 a pleno sol y 42 a la sombra, siendo la máxima de 85 y 69 para sol y sombra respectivamente, manifestándose la influencia de la sombra sobre la disminución de la carga calórica debido a que a través de la misma se evita la transferencia de calor por radiación solar directa (ver cuadro No. 4).

Un 67% de los días del período experimental y con un promedio de 21 horas diarias el HLI se encontró en la zona termoneutral no representando una posible condición de disconfort para los animales (ver cuadro No. 5). El 21% de los días los animales se encontraron en un ambiente templado y el 12% de los restantes en un ambiente cálido (ver cuadro No. 5). Cabe destacar que no se registraron días muy cálidos y, los días cálidos fueron dispersos a lo largo del período (ver anexo No. 3). Sin embargo, si los días cálidos se hubieran concentrado, el acceso a la sombra habría sido clave para la atenuación del aumento de la temperatura corporal interna del animal.

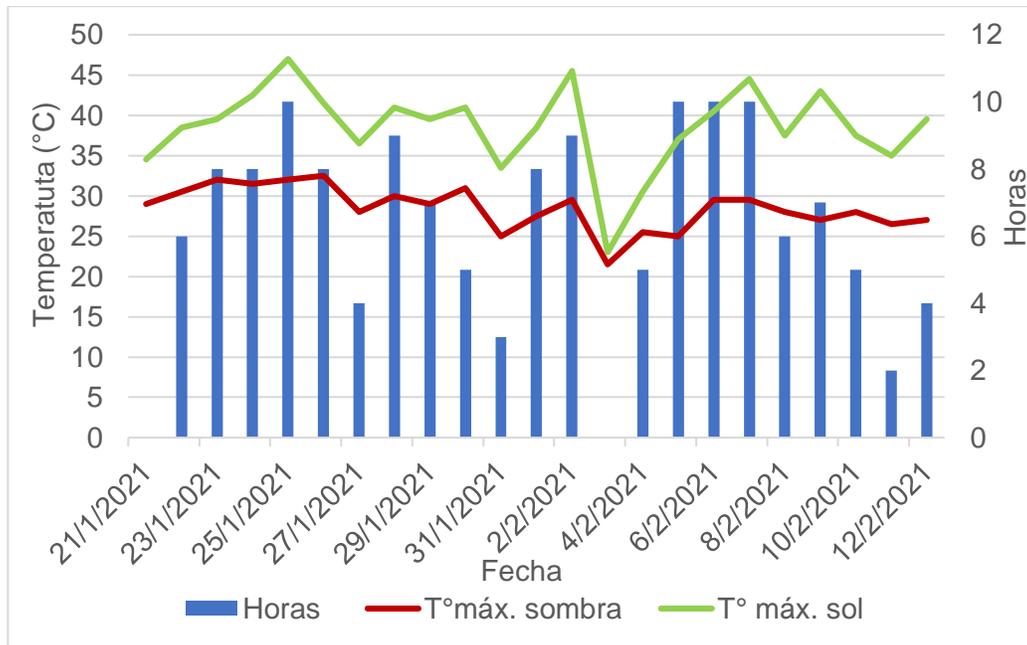
En el período evaluado no hubo eventos de ola de calor, a diferencia de Saravia (2009), donde en un estudio similar y en el período estival, pero realizado en el departamento de Salto, observó que el 57% del tiempo los animales tuvieron que afrontar olas de calor (una severa y tres leves). Para el caso en estudio los animales se encontraron en un ambiente cálido 4 días dispersos entre sí, con un promedio de 4 horas diarias. Esto posiblemente no implicó un disconfort para los mismos ya que el tiempo promedio bajo este ambiente en el día fue de pocas horas, permitiendo su recuperación y no alterando su normotermia. Por otra parte, el hecho de no haber afrontado olas de calor se encuentra dentro de lo esperado según lo reportado por bibliografía donde la probabilidad de ocurrencia de olas de calor en el mes de enero para Cerro Largo es del 50%, disminuyendo este valor para el mes de febrero.

Cuadro No. 5. Cantidad de días y tiempo (horas promedio) de índice de carga calórica promedio diario (HLI) según categoría: termoneutral, templado, cálido, muy cálido, para el período evaluado

CATEGORÍA	DÍAS	TIEMPO
> 16 horas termoneutral	22	21,5
≤ 16 horas		
Templado	7	7,6
termoneutral		
Cálido	4	3,8
Muy cálido	0	0

La temperatura de las esferas de Vernon (TGN) fue siempre menor a la sombra respecto al sol, siendo el promedio diario 22°C y 25°C para cada una (ver cuadro No. 4). Cabe destacar que la máxima absoluta registrada a pleno sol se encontró 15°C por encima a la máxima registrada a la sombra reflejándose de esta manera la contribución de la sombra en generar un microclima para los animales dentro del potrero con una menor variación de temperatura (ver figura No. 4).

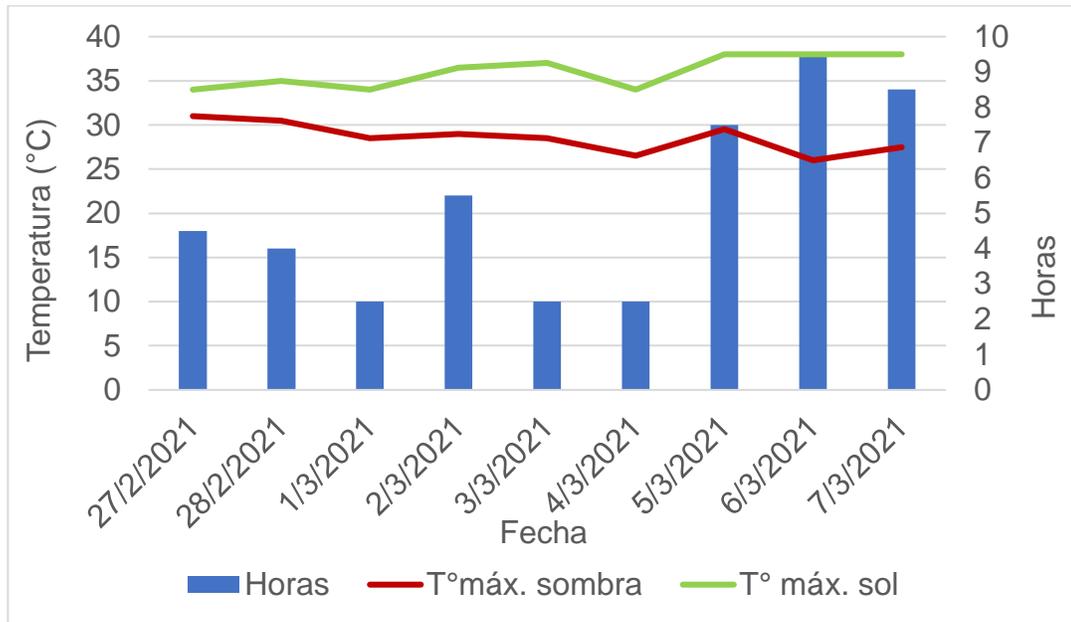
Figura No. 4. Temperatura máxima absoluta (°C) diaria para las esferas de Vernon a pleno sol y a la sombra y cantidad de horas al día en las cuales hay diferencias significativas entre ambos ambientes durante el primer período experimental



Temperatura (T°), máxima (máx.).

Al comparar las temperaturas máximas de las esferas a pleno sol y a la sombra se observó que siguen la misma tendencia, pero en todos los casos la temperatura máxima de la esfera a la sombra se encontró por debajo de la esfera a pleno sol (ver figuras No. 4 y No. 5) incrementando la diferencia al aumentar la temperatura. Para el primer período experimental, excepto el 3 de febrero, existieron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre sol y sombra por períodos de 2 a 10 horas (ver figura No. 4). El 25 de enero se observó la máxima temperatura de la esfera a pleno sol alcanzando los 47°C (15°C por encima respecto a la sombra), siendo significativa la diferencia ($p < 0,05$) durante 10 horas (ver figura No. 4). Desde el 5 al 7 de febrero la diferencia entre las esferas fue significativa ($p < 0,05$) por 10 horas, situándose las mismas entre las 8:00 y 18:00 horas (ver anexo No. 2). Si bien fueron 3 los días con una diferencia entre ambientes de 10 horas, esto no tuvo un efecto en los animales debido a que contaban con 14 horas diarias para regular su temperatura.

Figura No. 5. Temperatura máxima absoluta (°C) diaria para las esferas de Vernon a pleno sol y a la sombra y cantidad de horas al día en las cuales hay diferencias significativas entre ambos ambientes durante el segundo período experimental



Temperatura (T°), máxima (máx.).

Durante el segundo período experimental si bien todos los días analizados presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la temperatura de las esferas (ver figura No. 5), principalmente en las horas cercanas al medio día (ver anexo No. 2), la cantidad de horas siempre fueron menores respecto al primer período evaluado (desde 2,5 a 9 horas y media). Esto se encuentra dentro de lo esperado ya que en el segundo período experimental el promedio diario de temperatura se encontró por debajo del primer período analizado. El 6 de marzo se dio la máxima diferencia entre las esferas por un período de 9 horas y media (desde 9:00 a 18:00 horas) en el cuál la máxima temperatura de la esfera al sol fue de 38°C (12°C por encima de la esfera a la sombra).

Al visualizar los gráficos No. 4 y No. 5, se puede observar que, si bien no existió un ambiente desfavorable para los animales que les implicara un disconfort, contar con un acceso a la sombra contribuyó en una mejora del ambiente en el que se encontraban los mismos, sobre todo en el primer período experimental.

Dadas las condiciones termoneutrales del primer período se procedió a restringir el acceso a sombra con la finalidad de exponer más a los animales al

ambiente y que expresen sus diferencias. Esto no tuvo un gran impacto debido al momento en el que se realizó (fin del período estival). A su vez si a lo largo del período se registraran condiciones de temperatura similares al 25/01/2021 y las mismas se mantuvieran por varios días consecutivos, el acceso a la sombra sería clave para contribuir en el mantenimiento de la temperatura interna del animal. De todos modos, se deja en manifiesto la importancia del uso de la sombra en la contribución al confort animal, aún en ambientes no extremos como fue este caso.

4.2 TEMPERATURA VAGINAL

La temperatura vaginal promedio diaria fue de 38,5°C para animales C y 38,4°C para animales H y N presentando el biotipo C la mayor amplitud térmica (37,0 – 40,5°C), ver cuadro No. 6.

Cuadro No. 6. Temperatura vaginal promedio diaria (°C) registrada para cada biotipo durante el período experimental

	C	H	N
Mín.	37,0	37,0	37,0
Máx.	40,5	40,0	40,0
Media ± DE	38,5 ± 0,52	38,4 ± 0,46	38,4 ± 0,44

Mínima (mín.), máxima (máx.).

Biotipos: Cruza (C), Holando (H), Normando (N).

En cuanto a la diferencia entre tratamientos, distinto a lo esperado según la hipótesis planteada, C presentó una temperatura vaginal significativamente mayor ($p < 0,0001$) a H y N durante el período diurno (ver cuadro No. 7).

Esta diferencia (teniendo en cuenta la mayor susceptibilidad reportada en la bibliografía revisada de H frente a condiciones adversas) podría estar dada por el componente genético que le confiere H a la C, por una actividad diferencial entre biotipos en el período diurno o por una combinación de ambos.

Por otra parte, Capó y Senosían (2015) no encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en comportamiento en pastoreo (tiempo dedicado a pastoreo y rumia) en vacas Holando al sol y a la sombra artificial, pero si en temperatura rectal ($p < 0,05$) siendo mayor al sol (39,7°C vs. 39,3°C). Teniendo en cuenta esto, la menor temperatura vaginal de H respecto a la C e igual temperatura vaginal respecto a N podría estar dada debido a un menor tiempo de permanencia al sol.

Dentro de cada biotipo (C, H, N) en todos los casos existieron diferencias significativas ($p < 0,0001$) entre el turno diurno y nocturno, siendo mayor la temperatura vaginal durante el día (8:00 – 18:00 hs) lo cual se encuentra dentro de lo esperado debido a que en la noche no existe aporte de calor por radiación solar directa.

Saravia (2009) al evaluar vacas Holando y Jersey en lactación en períodos de ola de calor al sol y a la sombra artificial, observó una temperatura rectal en vacas Holando al sol, de 40,2°C y 40,1°C al afrontar períodos de ola de calor severa y leve, siendo las mismas significativamente menos eficientes que las Jersey en mantener la temperatura corporal dentro del rango de la normotermia. Al comparar el ambiente meteorológico del trabajo mencionado anteriormente, donde la temperatura promedio de las esferas de Vernon fueron de 29°C y 27°C para sol y sombra alcanzando en períodos ola de calor valores promedios de 32°C y 30°C, con el presente estudio (con temperaturas de 25°C y 22°C para sol y sombra) se puede ver que en el primer caso los animales se encontraron en un ambiente más desfavorable que les permitió expresar su menor adaptación al mismo.

Cuadro No. 7. Efecto del biotipo y el turno sobre la temperatura vaginal promedio \pm EEM (°C)

		BIOTIPOS		
		C	H	N
TURNO	DIURNO (8:00 – 18:00hs)	38,6 \pm 0,03 Aa	38,5 \pm 0,04 Ba	38,5 \pm 0,04 Ba
	NOCTURNO (18:00 – 8:00hs)	38,4 \pm 0,03 Ab	38,4 \pm 0,04 Ab	38,28 \pm 0,04 Ab

Medidas de tratamiento con una letra mayúscula en común no difieren significativamente dentro de cada biotipo.

Medidas de turno con una letra minúscula en común no difieren significativamente dentro de cada turno.

Biotipos: Cruza (C), Holando (H), Normando (N).

Se relacionó la temperatura integrada de las esferas de Vernon al sol con las temperaturas vaginales registrada en los animales. En cuanto al efecto de la variación en la esfera sol sobre la variación de la temperatura vaginal hubo diferencias significativas ($p = 0,05$) para la interacción esfera sol x tratamiento (ver anexo No. 1). Presentando C una mayor variación (0,1°C, $p < 0,0001$) respecto a H y N quienes no se diferencian entre sí (0,03°C y 0,04°C respectivamente). Además, hubo diferencias significativas ($p = 0,04$) en la interacción esfera sol x tratamiento x turno (ver anexo No. 1) donde para los

tres biotipos la variación fue mayor en el período nocturno respecto al diurno (ver cuadro No. 8).

Cuadro No. 8. Variación de la temperatura vaginal ($^{\circ}\text{C} \pm \text{EEM}$) para cada biotipo y según el turno por cada 10°C de aumento de la temperatura de las esferas de Vernon al sol

TRATAMIENTO	VARIACIÓN ($^{\circ}\text{C}$)	p-valor
Esfera sol vs. T.vag C	$0,08 \pm 0,015$	$<0,0001$
Esfera sol vs. T.vag H	$0,03 \pm 0,019$	$0,1221$
Esfera sol vs. T.vag N	$0,04 \pm 0,019$	$0,0531$
Esfera sol C nocturno vs. diurno	$0,02 \pm 0,019$	$0,2980$
Esfera sol H nocturno vs. diurno	$0,04 \pm 0,019$	$0,0374$
Esfera sol N nocturno vs. diurno	$0,01 \pm 0,020$	$0,5455$

Biotipo: Cruza (C), Holando (H), Normando (N).
Temperatura vaginal (T.vag).

Se relacionó el HLI al sol con las temperaturas internas registradas en los animales. En cuanto al efecto del aumento del HLI sobre la variación de la temperatura vaginal hubo diferencias significativas ($p= 0,04$) en la interacción HLI sol x tratamiento (ver anexo No. 1). Se observó que, al contrario de lo que se esperaba según la hipótesis planteada, la tasa de cambio fue menor para H ($0,008^{\circ}\text{C}$) respecto a C y N ($0,03^{\circ}\text{C}$ y $0,02^{\circ}\text{C}$ respectivamente). Esto podría deberse a una distribución diferencial de los animales en el espacio (mayor tiempo de H a la sombra), a una menor actividad del biotipo H durante las horas de mayor radiación o a no expresar su vulnerabilidad a temperaturas extremas debido a las condiciones meteorológicas del experimento (Román Ponce et al., 1977).

A su vez, al analizarse la interacción HLI x tratamiento x turno no hubo diferencias significativas ($p=0,2$) por lo que el turno no interfirió sobre el HLI (ver anexo No. 1).

Cuadro No. 9. Variación de la temperatura vaginal promedio ($^{\circ}\text{C}; \pm \text{EEM}$) para cada tratamiento por cada 10 puntos de aumento del índice de carga calórica (HLI) al sol

TRATAMIENTO	VARIACIÓN ($^{\circ}\text{C}$)	p-valor
HLI sol C	$0,03 \pm 0,005$	<0001
HLI sol H	$0,008 \pm 0,0007$	$0,1728$
HLI sol N	$0,02 \pm 0,007$	$0,0191$

Biotipo: Cruza (C), Holando (H), Normando (N).

Debido a que el HLI además de tener en cuenta la temperatura de las de las esferas de Vernon, también tiene en cuenta la velocidad del viento y la humedad del aire, se deja en evidencia la importancia de estos dos elementos en la disipación de calor por evaporación (Hahn y Mader, 1997) y convección (Bavera y Beguet, 2003). La menor variación en H podría estar dada a una combinación de un mayor tiempo de permanencia a la sombra con un aumento de la velocidad del viento y/o menor humedad relativa o a una mayor adaptación del biotipo H respecto a N y C frente a un cambio en estas variables.

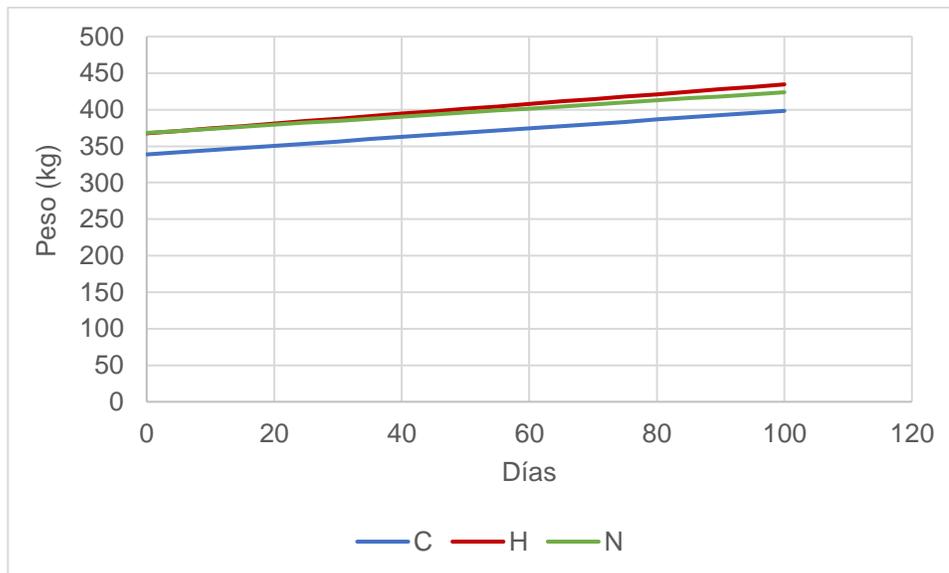
Waller (2015) al estudiar el efecto del acceso a la sombra sobre el desempeño de vacas multíparas Holando en gestación en un ambiente con un ITH promedio de 71, encontró que, al analizar la frecuencia respiratoria, las vacas ubicadas al sol indicaban estrés medio – alto y las situadas a la sombra indicaban estrés bajo, destacando la importancia del uso de sombra como forma de atenuación del estrés calórico. Sin embargo, al analizar la temperatura rectal de las mismas no hubo diferencias significativas entre tratamientos, lo cual fue adjudicado a la capacidad de los animales de mantener su temperatura interna a través del aumento de la frecuencia respiratoria. En el caso puntual de este trabajo el mantenimiento temperatura corporal interna de H, podría estar dada a expensas de un aumento en la frecuencia respiratoria ya que la misma no fue medida durante el período experimental.

4.3 PESOS

En cuanto a la covariable ganancia de peso vivo (corregida por peso vivo inicial), al igual que Adami y Esteves (2008), Saravia (2009), Waller (2015), no se encontraron diferencias significativas ($p= 0,84$) entre los biotipos. El peso vivo inicial fue de 339 kg, 368 kg y 368 kg y el final de 398 kg, 435 kg y 424 kg para C, H y N respectivamente. Cabe destacar que en todo el período evaluado los animales se encontraron ganando peso y que, el potrero contaba con una adecuada disponibilidad de forraje y de calidad para la categoría y carga animal.

La ganancia promedio fue de 0,60kg/día, 0,67kg/día y 0,55 kg/día para C, H y N lo cual estaría dentro de lo esperado para esta categoría que, según bibliografía, sobre campo natural en el período estival la ganancia sería de 500 a 600g al día (Risso et al. 1998, Cabrera y Vizcailúz 2001, Carrau et al. 2003).

Figura No. 6. Peso vivo promedio (kg) para cada biotipo corregido por peso vivo inicial, durante el período de evaluación (días)



Biotipo: Cruza (C), Holando (H), Normando (N).

Al no existir un ambiente meteorológico adverso para los animales que les implicara una situación de estrés (reducción del apetito, disminución del consumo, menor producción) y, al tratarse en este caso vaquillonas en crecimiento con menores requerimientos respecto a animales en producción (NRC, 2000), éstas deberían exponerse a situaciones extremas para que sea posible expresar diferencias significativas entre biotipos en cuanto a peso vivo.

Saravia et al. (2004) al evaluar el efecto (en peso vivo) del acceso a sombra natural en vaquillonas Holando y Jersey en el período estival, no encontraron diferencias significativas ($p=0,90$) entre tratamientos en cuanto a ganancia de peso vivo, pero si en temperatura rectal entre ambos ($p=0,02$). A su vez, cabe destacar que si bien Saravia (2009), en un estudio con vacas en lactación, pero en un ambiente meteorológico más extremo, tampoco encontró diferencias significativas ($p=0,68$) en variación de peso vivo entre biotipos, si encontrando diferencias al evaluar producción de leche (11% menos Holando respecto a Jersey), evidenciando que, frente a una situación de estrés, la producción de leche es una de las primeras variables de respuesta medible que afecta al animal en busca de mantener su normotermia (Johnson, 1987) y, por lo tanto, sería un buen indicativo de estrés por los mayores requerimientos de esta actividad. Los animales estresados, con el fin de sobrevivencia desvían su energía a los medios termorregulatorios en detrimento de la producción (NRC, 2000).

4.4 COMPORTAMIENTO EN PASTOREO

Para el primer período experimental al evaluar las actividades a pleno sol y a la sombra por separado (ver cuadro No. 10) no hubo diferencias significativas entre los biotipos en las actividades P y R y sí en D ($p=0,05$). El biotipo H descansó un 40% de tiempo más al sol y un 61% y 37% más de tiempo a la sombra respecto a N y C quienes no presentan diferencias significativas entre sí, en concordancia con el trabajo realizado por Schütz et al. (2010) donde a medida que aumentó el HLI aumentó el uso de la sombra para descansar por parte de H. A su vez, se destaca la tendencia de los animales a utilizar la sombra como lugar de descanso o rumia, no accediendo a la misma para pastorear. La menor variación observada en la temperatura vaginal de H y la menor temperatura vaginal promedio del mismo podría estar explicada por el mayor descanso que presentó respecto al resto de los biotipos y a la mayor utilización de la sombra, contribuyendo esto a su normotermia.

Harris et al. (2002) señalan que, ante temperaturas superiores a las definidas en el rango de confort, ocurre una reducción del pastoreo en los momentos de mayor radiación. En este caso no hubo diferencias significativas en el pastoreo, pero, si se tiene en cuenta el mayor peso del biotipo H, el consumo del mismo debería ser mayor, y, podría haber un encubrimiento de su reducción en el tiempo de pastoreo, lo que además puede verse reflejado en el aumento del tiempo dedicado a descanso.

Cuadro No. 10. Minutos diarios dedicados por cada biotipo a cada actividad a pleno sol y a la sombra durante el período de observación (8 horas) para el primer período experimental

	SOL			SOMBRA		
	H	N	C	H	N	C
	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.
P	315 ± 8,8 a	331 ± 7,0 a	337 ± 7,4 a	2 ± 1,4 a	2 ± 1,3 a	4 ± 1,7 a
D	40 ± 4,7 a	24 ± 3,2 b	24 ± 3,0 b	26 ± 4,6 a	10 ± 2,3 b	16 ± 3,0 b
R	38 ± 4,6 a	49 ± 4,7 a	39 ± 3,9 a	29 ± 4,5 a	41 ± 5,0 a	36 ± 4,4 a

Dentro de cada ambiente letras minúsculas diferentes en la fila demuestran diferencias significativas entre biotipos.

Minutos (min. ±EEM).

Biotipos: Holando (H), Normando (N), Cruza (C).

Actividades: pastoreo (P), descanso (D), rumia (R).

Al no encontrar diferencias significativas para las actividades P y R, se procedió a analizar las actividades sin tener en cuenta el ambiente en el que se

encontraban los animales. Como resultado se observó que el biotipo C pastoreo un 8% más de tiempo respecto a H (341 vs. 317 minutos), no diferenciándose con N (ver cuadro No. 11). En concordancia a lo esperado (teniendo en cuenta una mayor adaptabilidad de N a condiciones meteorológicas de discomfort) H descansó un 49% y 39% más de tiempo respecto a N y C, los cuales no se diferencian entre sí.

Sin embargo, para rumia, H y C no presentan diferencias entre sí, siendo N quien dedicó más tiempo promedio a esta actividad (104 minutos totales diarios). Entre los indicadores de bienestar animal se encuentra el comportamiento, y dentro de este el tiempo dedicado a la rumia. Un descenso de la misma podría deberse a una distorsión del funcionamiento normal del rumen por estar los animales atravesando una situación estresante que compromete su bienestar (Damián y Ungerfeld, 2013). Sobre esto, el mayor tiempo dedicado a rumia del biotipo N deja de manifiesto que el ambiente en que se encontraron no fue desfavorable.

Cuadro No. 11. Minutos diarios dedicados por cada biotipo a cada actividad durante el período de observación (8 horas) para el primer período experimental

	H	N	C
	Min.	Min.	Min.
P	317 ± 8,4 b	334 ± 7,3 ab	342 ± 6,6 a
D	80 ± 5,9 a	41 ± 3,8 b	49 ± 3,9 b
R	78 ± 5,3 b	104 ± 5,3 a	87 ± 4,5 b

Minutos (Min. ±EEM).

Biotipos: Holando (H), Normando (N), Cruza (C).

Actividades: pastoreo (P), descanso (D), rumia (R).

En el caso del segundo período experimental no hubo diferencias significativas ($p=0,92$) entre los biotipos en cuanto a comportamiento en pastoreo (ver cuadro No. 12). Los mismos presentaron un tiempo medio de pastoreo de 327 minutos, un tiempo medio de descanso de 63 minutos, y un tiempo de rumia medio de 85 minutos. Al considerar a Tucker et al. (2008) quienes observaron que los patrones de comportamiento se ven afectados a medida que aumenta el HLI y, considerando que en el segundo período experimental no se reportaron días con un HLI tal que le implicara un discomfort a los animales, los resultados obtenidos se encuentran dentro de lo esperado para situaciones sin discomfort.

Cuadro No. 12. Minutos diarios dedicados por cada biotipo a cada actividad durante el período de observación (8 horas) para el segundo periodo experimental

	H	N	C
	Min.	Min.	Min.
P	324 ± 14,5	327 ± 12,9	331 ± 11,8
D	70 ± 8,9	70 ± 6,9	48 ± 6,1
R	77 ± 9,5	90 ± 9,2	89 ± 8,4

Minutos (Min. ±EEM).

Biotipos: Holando (H), Normando (N), Cruza (C).

Actividades: Pastoreo (P), Descanso (D), Rumia (R).

En este caso, se cree que no hubo una reducción en el tiempo de pastoreo que fuera significativa entre tratamientos debido a que los animales no tuvieron que afrontar condiciones ambientales de discomfort.

En un estudio realizado por Guillenea y Ordeix (2014), con vaquillonas de sobre año Hereford puras y cruce Bonsmara x Hereford, al igual que en el presente estudio, no se encontraron diferencias significativas ($p= 0,80$, $p= 0,06$) entre biotipos en cuanto al tiempo dedicado a pastoreo y a rumia, pero sí en el tiempo dedicado al descanso ($p= 0,04$) donde las vaquillonas Hereford descansaron 33 minutos más por día durante las horas de sol respecto a las cruces. Debido a que en el presente estudio C fue quien pastoreó más respecto a H y N, queda de manifiesto que las cruces de animales susceptibles con animales con un grado de adaptación a ambientes desfavorables, a través de su heterosis podrían contribuir a una mejor performance animal en situaciones de discomfort (Ramírez y Velásquez, 2010).

Dorvilus (2018) no encontró diferencias significativas ($p<0,05$) en cuanto a tiempo de pastoreo y rumia al evaluar comportamiento en pastoreo en novillos Holando y cruce Holando x Cebú, pero si encontró un patrón diferencial de pastoreo según las condiciones meteorológicas, pastoreando más los animales en las primeras y últimas horas del día donde el ambiente meteorológico presentaba condiciones de discomfort.

Si se tiene en cuenta que en los meses correspondientes al verano los animales adquieren un hábito de comportamiento en pastoreo, que tiende a realizar esta actividad en los momentos de menor radiación (temprano en la mañana, tarde y/o noche) y, considerando que en el presente estudio las observaciones sólo fueron realizadas durante 8 horas al día, pudo existir una distribución temporal diferencial de los diferentes animales en su comportamiento que implicó un mayor pastoreo diurno de C, respecto a N y H

quienes dedicaron más tiempo a rumiar y/o descansar durante el día. Este comentario se basa en la constatación de que, por un lado, los animales no se encontraron en un ambiente meteorológico desfavorable y por otro lado no hubo diferencias en ganancia de peso vivo lo que lleva a pensar que el tiempo total (durante las 24 horas del día) de pastoreo fue similar entre biotipos.

A modo de síntesis, se destaca la tendencia del biotipo H, a pesar de las condiciones termoneutrales, a dedicar más tiempo al descanso en las horas diurnas durante el verano, utilizando preferentemente la sombra para realizar dicha actividad, lo que lleva a pensar que si las condiciones hubieran sido más desfavorables esto se vería reflejado en una menor performance de este biotipo. Esta puede ser una de las razones que explique la menor temperatura vaginal del mismo, así como también su menor variación ante cambios en la temperatura ambiente.

En cuanto al biotipo N, el hecho de presentar una mayor actividad de rumia, refleja el confort de los animales durante el periodo experimental (Damián y Ungerfeld, 2013). Puntualmente para C, el aumento de actividad en las horas de mayor radiación se vio reflejado en una mayor susceptibilidad ante cambios en el ambiente meteorológico (medido por el aumento de la temperatura vaginal por cada 10°C de aumento de la temperatura de la esfera de Vernon al sol), utilizando en menor medida la sombra para la actividad de descanso.

En lo que respecta a la ganancia diaria de peso vivo no hubo diferencias entre los biotipos, lo cual es esperable debido al ambiente físico en el cual se desarrolló el experimento.

Teniendo en cuenta los resultados, se rechaza la hipótesis planteada. No se encontraron elementos suficientes que demuestren que el biotipo N presente mayor aptitud ante condiciones de estrés térmico.

5 CONCLUSIONES

Durante el período experimental el HLI promedio diario estuvo el 67% del tiempo dentro de los rangos de termoneutralidad lo que indicaría que el ambiente meteorológico no fue estresante para los animales.

Al evaluar comportamiento en pastoreo, C dedicó más tiempo al pastoreo respecto a H y N, lo que podría deberse a una diferencia en el momento del día en que realizan cada una de las actividades (noche vs. día). Esto implicó una mayor temperatura interna y mayor variación de la misma al exponerse al sol de los animales C a causa de su mayor nivel de actividad diurno.

Con respecto a las otras actividades observadas los animales H dedicaron más tiempo al descanso y N fueron los que dedicaron más tiempo a rumiar.

Esta última actividad se ve como indicativo de bienestar y a través de la misma se manifiesta que el ambiente en el que se encontraron los animales les permitió expresar su productividad.

No se encontró diferencias significativas en ganancia de peso vivo ($p=0,68$) entre los diferentes biotipos posiblemente debido a que el ambiente meteorológico y medio físico no fueron limitantes para su crecimiento.

Vale destacar la importancia de proporcionar sombra efectiva durante el periodo estival para los animales, ya que la misma contribuye a atenuar los efectos de las altas temperaturas y radiación directa. En el presente estudio la temperatura promedio de la esfera de Vernon a pleno sol se ubicó 3°C en promedio por encima respecto a las ubicadas en la sombra (25°C vs. 23°C).

5.1 SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES

Si se tiene en cuenta que gran parte de la producción del país se desarrolla a cielo abierto, y por ende los animales se encuentran sujetos a las condiciones del ambiente, el acceso a la sombra funcionaría como una herramienta para disminuir el impacto del estrés térmico por calor.

Debido a la tendencia de un mayor descanso del biotipo H en condiciones termoneutrales, sería recomendable continuar con la investigación en diferentes años y en diferentes ambientes meteorológicos.

A su vez, teniendo en cuenta que la probabilidad de ocurrencia de un ITH mayor a 72 es de 50% para el mes de enero en Melo (Cruz y Saravia, 2008) ya que la misma disminuye hacia el mes de febrero y marzo sería recomendable realizar el experimento al inicio del período estival (diciembre) para tener una mayor probabilidad de ocurrencia de eventos de calor. Por otra parte, en concordancia con lo expuesto anteriormente, debería de utilizarse una categoría animal con mayor susceptibilidad ante cambios en el ambiente y medir además de peso vivo, medir variables fisiológicas. Una opción es utilizar animales en lactación y medir la variación en la producción de leche a lo largo del verano.

Por otra parte, al afrontar períodos de ola de calor se debería de incluir, además de las variables analizadas en el presente experimento, el registro de frecuencia respiratoria y escala de jadeo.

Los animales tienden a alterar su comportamiento al enfrentar períodos de altas temperaturas desplazando el pastoreo en las horas de mayor radiación realizando actividades como descanso o rumia en la sombra en dicho horario y compensando el pastoreo en las horas nocturnas, por eso sería recomendable abarcar en el análisis de comportamiento en pastoreo ambos momentos (noche y medio día), especialmente en períodos de ola de calor para de este modo lograr visualizar la distribución de las diferentes actividades a lo largo del día.

6 RESUMEN

El presente estudio tuvo lugar en la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt (EEBR) de la Facultad de Agronomía en el departamento de Cerro Largo. El mismo estuvo comprendido en dos períodos; el primero desde el 21/01/2021 al 12/02/2021 y el segundo desde el 27/02/2021 al 07/03/2021. El objetivo fue evaluar durante el verano el efecto del biotipo Holando (H), Normando (N) y sus cruza (C) sobre el desempeño animal en términos de comportamiento en pastoreo, ganancia de peso vivo y variables fisiológicas indicadoras de estrés térmico. Fueron utilizadas 4 vaquillonas H, 5 vaquillonas N y 6 vaquillonas C las cuales se encontraban en un potrero de 6,6 has teniendo en el primer período acceso a sombra natural y restricción de la misma en el segundo. Se caracterizó el ambiente meteorológico mediante los datos de temperatura ambiente, velocidad del viento y humedad relativa a pleno sol y a la sombra registrados de dos estaciones meteorológicas ubicadas en el sitio experimental. También se colocaron dos esferas de Vernon (sol y sombra) para realizar el cálculo de HLI. Para medir la temperatura interna de los animales se midió la temperatura vaginal (tvag) de los mismos mediante la colocación de CIDR junto a un sensor de temperatura (i – buttons) el cual registraba los datos cada 30 y 15 minutos para el primer y segundo período experimental respectivamente. Se observó diariamente comportamiento en pastoreo (pastoreo P, descanso D, rumia R) al sol y a la sombra, durante dos turnos (8:00 – 12:00, 14:00 – 18:00), exceptuando dos días a la semana donde sólo se registró el comportamiento en la tarde debido a que en el turno matutino se tomó medida del peso vivo (PV) de los animales (7:00 hs). A lo largo de todo el período experimental, el 67% del tiempo, con un promedio diario de 21 horas los animales se encontraron en un ambiente termoneutral. Al evaluar mediante las esferas de Vernon la temperatura al sol y a la sombra, se observaron durante todos los días horas con diferencia significativa entre ambos ambientes. La tvag fue significativamente diferente entre tratamientos siendo mayor para el biotipo C. En cuanto a comportamiento en pastoreo, para el primer período experimental, los biotipos dedicaron distinta proporción de tiempo a cada actividad siendo C quien dedicó más tiempo a P, H dedicó más tiempo a D y N más tiempo a R. En el segundo período experimental no hubo diferencias significativas en cuanto a comportamiento en pastoreo para los distintos biotipos. Tampoco se encontraron diferencias en ganancia de PV (corregida por peso vivo inicial) entre biotipos, siendo la ganancia promedio diaria de 600g.

Palabras clave: Comportamiento en pastoreo; Temperatura vaginal; HLI; Uso de sombra; Holando; Normando; Cruza; Estrés por calor.

7 SUMMARY

The present study occurred in the experimental station of the Agronomist School Bernardo Rosengurtt (EEBR) in the department of Cerro Largo. This study was comprised on two periods, the first from 01/21/2021 to 02/12/2021, and the second from 02/27/2021 to 03/07/2021. The objective was evaluate during the summer the effects of biotypes Holstein (H) Normande (N) and theirs crosses on performance animal in terms of grazing behavior, weight gain and physiological variables that indicates heat stress. Were used 4 heifer Holstein, 5 heifer Normande and 6 crosses Holstein x Normande, they were situated in a paddock with 6,6 hectares, having in the first period free access to natural shadow, not like that in the second period, where the shadow was restricted. The meteorological environment was characterized by data of temperature, wind speed and relative humidity in full sun and in the shade taken from two meteorological stations located at the experimental site. Two Vernon spheres (at sun and at shadow) were also placed to perform the HLI. To measure the internal temperature of the animals, their vaginal temperature was measured by placing CIDR, with sensors of temperature (I – buttons) which recorded temperature every 30 and 15 minutes for the first and second experimental period respectively. Grazing behavior (P), resting (D), rumination (R) was observed daily, at the sun or at shade, during two turns (8:00 – 12:00, 14:00 – 18:00) except for two days a week, where only the behavior was recorded on the afternoon because in the morning the animals were weighed (7:00). Throughout the entire experimental period, 67% of the time with a daily average of 21 hours the animals were in a thermoneutral environment. Evaluating the temperature in the sun and in the shade using the Vernon spheres, hours with a significant difference between both environments were observed during all days of the experiment. The tvag was significantly different between treatments, being higher for biotype C. Regarding grazing behavior, for the first experimental period, the biotypes dedicated different proportion of time to each activity, being C who dedicate more time to P, H dedicated more time to D, and N more time to R. in the second experimental period there were no significant differences in terms of grazing behavior for the different biotypes. Neither were differences found in weight gain (corrected for initial live weight) between biotypes, being the average weight gain 600g.

Keywords: Grazing behavior; Vaginal temperature; HLI; Shade use; Holland; Norman; Crossbreed; Heat stress.

8 BIBLIOGRAFÍA

1. Albright, J. L. 1993. Feeding behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 76(2):485-498.
2. Adami, I.; Esteves, Á. 2008. Evaluación del encierro diurno y la suplementación energética como estrategia de manejo en novillos Hereford pastoreando praderas mezclas de gramíneas y leguminosas durante el período estival. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 150 p.
3. Ammer, S.; Lambertz, C.; Gault, M. 2016. Comparison of different measuring methods for body temperature in lactating cows under different climatic conditions. *Journal of Dairy Research*. 83(2):165-172.
4. AMS (American Meteorological Society, US). 1989. Glossary of Meteorology. (en línea). s.l. s.p. Consultado mar. 2022. Disponible en <https://www.ametsoc.org/index.cfm/ams/publications/glossary-of-meteorology/>.
5. André, M. 2020. Holando y Normando: desempeño en un sistema de producción de leche limitando uso de suplementos en el Noreste del Uruguay. Tesis de maestría. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 78 p.
6. Ansell, R. H. 1981. Extreme heat stress in dairy cattle and its alleviation: a case report. In: Clark, A. ed. *Environmental aspects of housing for animal protection*. London, UK, Butterworths. pp. 285-306.
7. ARU (Asociación Rural del Uruguay, UY). 2009a. Educa Prado. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado feb. 2022. Disponible en <http://www.duplex.com.uy/educaprado/41b.htm>
8. _____. 2009b. Educa Prado. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado feb. 2022. Disponible en <http://www.duplex.com.uy/educaprado/holando.htm>
9. Astigarraga, L.; Álvarez, J. 2019. Una mirada hacia adelante. (en línea). In: Astigarraga, L.; Álvarez, J.; De Hegedus, P.; Armand Ugon, H.; Grau, M.; Vieira, X.; Lavecchia, E.; Lucas, J.; Mello, J.; Porcile, V.;

Sommer, P. eds. Sistemas de producción lechera para el Noreste del país. Montevideo, Uruguay, INIA. pp.79-91 (FPTA no. 76). Consultado nov. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/publicacionAINFO-59876.aspx>

10. Bavera, G. A.; Beguet, H. A. 2003. Termorregulación corporal y ambientación. *In*: Cursos Producción Bovina de Carne (2003, Buenos Aires, Argentina). Clima y ambiente: elementos y factores. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Río Cuarto. Facultad de Agronomía y Veterinaria. pp. 1-14.
11. Bailey, D. K.; Collier, R. J. 1986. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *Journal of Animal Science*. 62(2):543-554.
12. _____; 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(5):386-400.
13. Berbigier, P. 1988. Bioclimatologie des ruminants domestiques en zone tropicale. Paris, INRA. 237 p.
14. Berman, A.; Folman, Y.; Kaim, M.; Mamen, M.; Herz, Z.; Wolfenson, D.; Arieli, A.; Graber, Y. 1985. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. *Journal of Dairy Science*. 68(6):1488-1495.
15. Berreta, V.; Simeone, A.; Bentancur, O. 2013. Manejo de la sombra asociado a la restricción del pastoreo: efecto sobre el comportamiento y performance estival de vacunos. (en línea). *Agrociencia (Uruguay)*. 17(1):131-140. Consultado dic. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/317448338_Manejo_de_la_sombra_asociado_a_la_restriccion_del_pastoreo_efecto_sobre_el_comportamiento_y_performance_estival_de_vacunos
16. Bianca, W. 1972. Termorregulación. *In*: Hafez, E. S. ed. Adaptación de los animales de granja. México, D. F., Editorial Herrero. pp. 135-162.

17. 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.
18. Brown Brandl, T. M.; Jones, D. D.; Woldt, W. E. 2005. Evaluating modelling techniques for cattle heat stress prediction. *Biosystems Engineering*. 91(4):513-524.
19. Cabrera, M.; Vizcailúz, E. 2001. Efecto del nivel de suplementación sobre parámetros productivos y conducta de vacunos bajo pastoreo de campo natural diferido. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 63 p.
20. Capó, M.; Senosían, V. 2015. Efecto de diferentes medidas de mitigación del estrés calórico sobre el comportamiento y desempeño productivos de vacas lecheras en Colonia, Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Veterinaria. 61 p.
21. Carrau, I.; Fernández, G.; Scremini, R. 2003. Efecto del control del tiempo de pastoreo y nivel de suplementación sobre la performance y conducta de vacunos en pastoreo de campo natural diferido. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 70 p.
22. Castro, H. C. 1998. Comportamiento en pastoreo. In: Valtorta, S.; Leva, P. E.; Castro, H. C.; Gallardo, M.; Maciel, M.; Guglielmone, A.; Ansiani, O. eds. *Producción de leche en verano*. Santa Fé, Argentina, Universidad Nacional del Litoral. pp.38-46.
23. Collier, R. J.; Eley, R. M.; Pereira, R. M.; Buffington, D. E. 1981. Shade management in subtropical environment for milk yield and composition in Holstein and Jersey cows. *Journal of Dairy Science*. 64(5):844-849.
24. Cowan, R. T. 1975. Grazing time and pattern of grazing of Friesian cows on a tropical grass – grass legume pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 15(72):32-37.
25. 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.

26. Damián, J. P.; Ungerfeld, R. 2013. Indicadores de bienestar animal en especies productivas: una revisión crítica. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 21(2):103-113.
27. Delaby, L.; Faverdin, P.; Michel, G.; Disenhaus, C.; Peyraud, J. L. 2009. Effect of different feeding strategies on lactation performance of Holstein and Normande dairy cows. Animal. 3(6):891-905.
28. Dillon, P.; Buckley, F.; O'Connor, P.; Hegarty, D.; Rath, M. 2003. A comparison of different dairy cow breeds on a seasonal grass-based system of milk production. Milk production, live weight, body condition score and DM intake. Livestock Production Science. 83(1):21-33.
29. Dorvilus, E. 2015. Hábitos de pastoreo, respuesta fisiológica y digestibilidad de nutrientes de novillos Holstein y cruzados con Cebú en pastoreo bajo condiciones de estrés calórico. Tesis de maestría. Mexicali, México. Universidad Autónoma de Baja California. Instituto de Ciencias Agrarias. 78 p.
30. Fedrigo, J.; Santa Cruz, R.; Baez, F.; Benítez, V.; Viñoles, C. 2019. Monitoring the vaginal temperature of Hereford, Angus cows and their crosses with Bonsmara during a heat wave in Uruguay. In: Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles (10°, 2019, Asunción, Paraguay). Por una producción sostenible. Cali, Colombia, CIPAV. pp. 73-81.
31. French, M.; Johansson, I.; Joshi, N.; McLaughlin, E. 1968. Razas europeas de ganado bovino. Roma, Italia, FAO. v.1, 418 p.
32. Gallardo, M. R.; Valtorta, S. E. 1996. El estrés por calor en producción lechera. INTA. Miscelánea no. 81:173-185.
33. _____; _____. 2011. Producción y bienestar animal: estrés por calor en ganado lechero impacto y mitigación. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. 125 p.
34. Gaughan, J.; Mader, T.; Holt, S.; Lisle, A. 2008. A new heat load index for feedlot cattle. Journal of Animal Science. 86(1):226-234.
35. Gebremedhin, K. G.; Lee, C. N.; Hillman, P. E.; Brown Brandl, T. M. 2011. Body temperature and behavioral activities of four breeds of

heifers in shade and full sun. *Applied Engineering in Agriculture*. 27(6):999-1006.

36. Grau, M. 2019. Antecedentes históricos y socioeconómicos de la lechería en la región Noreste. (en línea). *In*: Astigarraga, L.; Álvarez, J.; De Hegédus, P.; Armand Ugon, H.; Grau, M.; Vieira, X.; Lavecchia, E.; Lucas, J.; Mello, J.; Porcile, V.; Sommer, P. eds. *Sistemas de producción lechera para el Noreste del país*. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 5-28 (FPTA no. 76). Consultado nov. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/publicacionAINFO-59876.aspx>.
37. Guillenea, A.; Ordeix, S. 2014. Respuestas fisiológicas y de comportamiento de vaquillonas cruzas Bonsmara-Hereford y Hereford puras en pastoreo de campo natural en verano. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 35 p.
38. Hafez, E. S. 1968. Behavioral adaptation. *In*: Hafez, E. S. ed. *Adaptation of domestic animals*. Philadelphia, Pennsylvania, USA, Lea & Febiger. pp. 202-214.
39. _____. 1972. Principios de la adaptación animal. *In*: Hafez, E. S. ed. *Adaptación de los animales de granja*. México, D. F., Editorial Herrero. pp. 13-30.
40. Hahn, G. L.; Mader, T. L. 1997. Heat waves in relation to thermoregulation, feeding behavior and mortality of feedlot cattle. *In*: *International Livestock Environment Symposium (5th, 1997, Bloomington, USA)*. Proceedings. s.n.t. pp. 563-571.
41. Harris, N. R.; Johnson, D. E.; George, M. R.; McDougald, N. K. 2002. The effect of topography, vegetation, and weather on cattle distribution at the San Joaquin experimental range, California. *In*: *Symposium on Oak Woodlands Standiford (5th, 2002, Albany, CA)*. *Oaks in California's Challenging Landscape*. Modesto, California, USA, s.e. pp. 53-63.
42. Hertig, B. 1972. Medición del medio ambiente físico. *In*: Hafez, E. S. ed. *Adaptación de los animales de granja*. México, D. F., Editorial Herrero. pp. 438-456.

43. Hillman, P. E.; Lee, C. N.; Willard, S. T. 2005. Thermoregulatory responses associated with lying and standing in heat-stressed dairy cows. *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*. 48(2):795-801.
44. Ibarra, A. A. 1997. Sistemas de pago de leche. (en línea). In: Seminario Regional de Calidad de leche (1997, Atlántida). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, Instituto Plan Agropecuario. pp. 40-54. Consultado nov. 2021. Disponible en https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/libros/15_librolechea_tlantida.pdf
45. INALE (Instituto Nacional de la Leche, UY). s.f. Encuesta lechera INALE 2014: datos preliminares. Montevideo. 46 p.
46. INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología, UY). s.f. Estadísticas climatológicas: tablas estadísticas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado feb. 2022. Disponible en <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/tablas-estadisticas>
47. Johnson, H. D.; Kiblerl, H. H.; Ragsdale, A. C.; Berry, I. L.; Shankl, 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(6):1191.
48. _____. 1987. Bioclimate effects on growth, reproduction and milk production. In: Johnson, H. D. ed. *Bioclimatology and the adaptation of livestock*. Amsterdam, Nieman Sorensen Tribe. pp. 35-52.
49. Jorge Smeding, E. 2017. Caracterización del ciclo productivo de vacas lecheras de dos razas contrastantes en un sistema pastoril de baja dependencia de insumos externos: aspectos productivos, fisiológicos y emisiones de metano. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 74 p.
50. Kolver, E. S. 2003. Nutritional limitations to increased production on pasture-based systems. *Proceedings of the Nutrition Society*. 62(2):291-300.

51. Krall, E.; Soca, P.; Bentancur, O. 2004. Conducta en pastoreo de vacas Holando y Jersey. *In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (31^{as.}, 2004, Montevideo, Uruguay). Memorias. Paysandú, Uruguay, Centro Médico Veterinario de Paysandú. p. 35.*
52. Leaño, L. C. 2008. Influencia climática sobre la producción bovina. Tesis Ing. Agr. Sincelejo, Colombia. Universidad de Sucre. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 86 p.
53. López Villalobos, N. 2012. Analysing the genetic basis of milk production traits. *CAB Reviews. 7(28):1-18.*
54. Mc Dowell, R. E.; Hooven, N. W.; Camoens, J. K. 1976. Effect of climate on performance of Holstein in first lactation. *Journal of Dairy Science. 59(5):965-971.*
55. Mader, T. L.; Davis, M. S.; Brown Brandl, T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science. 84(3):712-719.*
56. MGAP. DICOSE (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. División de Contralor de Semovientes, UY). 2011. Declaraciones juradas de existencias ganaderas lecheras, ejercicios 1994/1995 a 2010/2011. Montevideo, Uruguay. s.p.
57. _____. DIEA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2003. Recursos zoogenéticos: informe Uruguay. (en línea). Montevideo. pp.13-14. Consultado nov. 2021. Disponible en <https://www.fao.org/3/a1250e/annexes/CountryReports/Uruguay.pdf>
58. _____. _____. 2020. Censo 2019: estadísticas del sector lácteo. (en línea). Montevideo. 47 p. Consultado nov. 2021. Disponible en <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/diea>
59. Moberg, G. P. 2000. Biological response to stress: implications for animal welfare. *In: Moberg, G. P.; Mench, J. A. eds. The biology of animal stress: basic principles and Implications for animal welfare. New York, CABI. pp. 1-21.*
60. Nienaber, J.; Hahn, G.; Brown Brand, T.; Eigenberg, R. 2003. Heat stress climatic conditions and the physiological responses of cattle.

In: Conference International Dairy Housing (5th., 2003, Fort Worth, TX). Proceedings. Fort Worth, TX, USA, s.e. pp. 255-262.

61. NRC (National Research Council, US). 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th.rev. ed. Washington, D. C., USA, National Academy Press. 232 p.
62. Osei Amponsah, R.; Dunshea, F. R.; Leury, B. J.; Long Cheng, L.; Cullen, B.; Joy, A.; Abhijith, A.; Zhang, M. H.; Chauhan, S. S. 2020. Heat stress impacts on lactating cows grazing australian summer pastures on an automatic robotic dairy. *Animals*. 10(5):869.
63. Overton, M. W.; Sisco, W. M.; Temple, G. D.; Moore, D. A. 2002. Using time-lapse video photography to assess dairy cattle lying behavior in a free-stall barn. *Journal of Dairy Science*. 85(9):2407-2413.
64. Ramírez, H. A.; Velásquez, L. F. 2010. Heterosis, otra alternativa en sistemas de producción bovina. *The Journal of Veterinary Medicine and Animal Science*.4(1):52- 62.
65. Risso, D. F.; Pittaluga, O.; Berretta, E. J.; Zamit, W.; Levratto, J.; Carracelas, G.; Pigurina, G. 1998. Intensificación del engorde en la región basáltica: integración de campo natural y mejorado para la producción de novillos jóvenes. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 153-163 (Serie Técnica no. 102).
66. Román Ponce, H.; Thatcher, W. W.; Buffington, D. E.; Wilcox, C. J.; Van Horn, H. H. 1977. Physiological and production responses of dairy cattle to a shade structure in a subtropical environment. *Journal of Dairy Science*. 60(3):424-430.
67. Saravia, C.; Salvarrey, L.; Saldanha, S.; Cruz, G.; Van Lier, E.; Altieri, M.; Mancuello, M.; Villegas, N.; Krall, E. 2004. Efecto del acceso a sombra natural en la recría de vaquillonas Holando y Jersey durante el período estival. In: Reunión Argentina de Agrometeorología (10^a), Reunión Latinoamericana de Agrometeorología (4^a., 2004, Mar del Plata, Argentina). Trabajos presentados. Mar del Plata, Argentina, s.e. pp. 1-3.

68. _____. 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. pp. 43-66.
69. Scarlato, S.; Soca, P. 2012. El proceso de pastoreo en el ecosistema pastoril. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. 9 p.
70. Schütz, K. E.; Rogers, A. R.; Cox, N. R.; Tucker, C. B. 2009. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: shade use, behaviour, and body temperature. *Animal Behaviour Science*. 116(1):28-34.
71. _____.; _____.; Poulouin, Y. A.; Cox, N. R.; Tucker, C. B. 2010. The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 93(1):125-133.
72. _____.; Cox, N. R.; Tucker, C. B. 2014. A field study of the behavioral and physiological effects of varying amounts of shade for lactating cows at pasture. *Journal of Dairy Science*. 97(6):3599-3605.
73. Simeone, A. 2000. Producción intensiva de carne. Convenio INIA-FUCREA. *Revista de FUCREA*. no. 205:16-19.
74. Stuth, J. 1991. Foraging behavior. *In*: Heitschmidt, R.; Stuth, J. eds. *Grazing management: an ecological perspective*. Oregon, Timber. pp. 85-108.
75. Tamminga, S.; Schrama, J. W. 1998. Environmental effects on nutrient and energy metabolism in ruminants. *Archives of Animal Nutrition*. 51(2):225-235.
76. Thom, E. C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise*. 12:57-59.
77. Tucker, C. B.; Rogers, A. R.; Schüt, K. E. 2008. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Applied Animal Behaviour Science*. 109(2):141-154.
78. Wagner Storch, A. M.; Palmer, R. W.; Kammel, D. W. 2003. Factors affecting stall use for different freestall bases. *Journal of Dairy Science*. 86(6):2253-2266.

79. Waller Bárcena, A. 2015. Efecto del acceso a la sombra artificial durante período seco sobre el desempeño productivo de vacas Holstein en La Estanzuela Colonia. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 45 p.
80. West, J. 1992. Estrés calórico: alimentación y manejo para reducir sus efectos en las vacas Holando. *Nuestro Holando* (Buenos Aires). no. 388:1-5.
81. Zähler, M.; Schrader, L.; Hauser, R.; Keck, M.; Langhans, W.; Wechsler, B. 2004. Influencia de las condiciones climáticas en parámetros fisiológicos y de comportamiento en vacas lecheras en establos abiertos. *Ciencia Animal*. 78(1):139-147.
82. Zimbelman, R. B.; Rhoads, R. P.; Rhoads, M. L.; Duff, G. C.; Baumgard, L. H.; Collier, R. J. 2009. A re-evaluation of the impact of temperatura humidity index (ITH) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. In: Southwest Nutrition and Management Conference (24th., 2009, Tempe, Arizona). Proceedings. s.n.t. pp. 158-169.

10. ANEXOS

Anexo No. 1. Efecto de las esferas de Vernon al sol y el HLI sol sobre el tratamiento y el turno

Efecto	Pvalor
Esfera sol x tratamiento	0,049
Esfera sol x turno	0,188
Esfera sol x tratamiento x turno	0,036
HLI sol x tratamiento	0,038
HLI sol x turno	0,002
HLI sol x tratamiento x turno	0,119

Anexo No. 2. Días y horario donde la temperatura de la esfera de Vernon al sol y la esfera de Vernon a la sombra presentaron diferencias significativas entre sí

Fecha	Hora
22.01.21	11:00 – 15:00; 17:00
23.01.21	09:00 – 14:00; 16:00 – 17:00
24.01.21	10:00 – 17:00
25.01.21	08:00 – 17:00
26.01.21	07:00 14:00
27.01.21	11:00; 13:00; 15:00; 16:00
28.01.21	10:00 – 18:00
29.01.21	08:00; 9:00; 14:00 – 18:00
30.01.21	10:00 – 14:00
31.01.21	11:00 – 13:00
01.02.21	09:00 – 16:00
02.02.21	08:00 – 16:00
04.02.21	09:00; 10:00; 13:00; 15:00; 17:00
05.02.21	08:00; 10:00 – 18:00
06.02.21	08:00 – 17:00
07.02.21	08:00 – 17:00
08.02.21	08:00
08.02.21	09:11 – 13:00
09.02.21	10:00 – 16:00
10.02.21	11:00 – 15:00
11.02.21	12:00 – 13:30; 16:30
12.02.21	12:30 – 16:30
27.02.21	08:00 – 14:30

28.02.21	11:00 – 14:00; 16:00; 17:00
01.03.21	12:30 – 15:00
02.03.21	10:00 – 16:00
03.03.21	10:30; 13:00 – 14:00; 16:00
04.03.21	11:00 – 13:30
05.03.21	08:30; 10:00 – 18:00
06.03.21	09:00 – 18:30
07.03.21	08:00 – 17:30
07.03.21	17:35

Anexo No. 3. Cantidad de horas con HLI a pleno sol y en la sombra muy cálido, cálido, templado y termoneutral durante los días correspondientes al periodo experimental evaluado

PERIODO		HLI SOMBRA	HLI SOL	CANTIDAD DE HORAS
21/1/2021	≤70	24	18	termoneutral
	70.1	0	6	templado
	77.1	0	0	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
22/1/2021	≤70	24	19	termoneutral
	70.1	0	5	templado
	77.1	0	0	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
23/1/2021	≤70	24	13	termoneutral
	70.1	0	10	templado
	77.1	0	1	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
24/1/2021	≤70	24	14	termoneutral
	70.1	0	10	templado
	77.1	0	0	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
25/1/2021	≤70	24	14	termoneutral
	70.1	0	5	templado
	77.1	0	5	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
26/1/2021	≤70	24	15	termoneutral
	70.1	0	5	templado
	77.1	0	4	cálido

	86.1	0	0	muy cálido
27/1/2021	≤70	24	24	termoneutral
	70.1	0	0	templado
	77.1	0	0	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
28/1/2021	≤70	24	18	termoneutral
	70.1	0	6	templado
	77.1	0	0	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
29/1/2021	≤70	24	18	termoneutral
	70.1	0	6	templado
	77.1	0	0	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
30/1/2021	≤70	24	18	termoneutral
	70.1	0	3	templado
	77.1	0	3	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
3/2/2021	≤70	24	24	termoneutral
	70.1	0	0	templado
	77.1	0	0	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
4/2/2021	≤70	24	24	termoneutral
	70.1	0	0	templado
	77.1	0	0	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
5/2/2021	≤70	24	23	termoneutral
	70.1	0	1	templado
	77.1	0	0	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
6/2/2021	≤70	24	14	termoneutral
	70.1	0	10	templado
	77.1	0	0	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
7/2/2021	≤70	24	14	termoneutral
	70.1	0	5	templado
	77.1	0	5	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
8/2/2021	≤70	24	21	termoneutral

	70.1	0	3	templado
	77.1	0	0	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
9/2/2021	≤70	24	18	termoneutral
	70.1	0	5	templado
	77.1	0	1	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
10/2/2021	≤70	24	23	termoneutral
	70.1	0	1	templado
	77.1	0	0	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
11/2/2021		24	24	termoneutral
	70.1	0	0	templado
	77.1	0	0	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
12/2/2021	≤70	24	19	termoneutral
	70.1	0	3	templado
	77.1	0	1	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
27/2/2021	≤70	24	24	termoneutral
	70.1	0	0	templado
	77.1	0	0	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
28/2/2021	≤70	24	24	termoneutral
	70.1	0	0	templado
	77.1	0	0	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
1/3/2021	≤70	24	24	termoneutral
	70.1	0	0	templado
	77.1	0	0	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
2/3/2021		24	20	termoneutral
	70.1	0	4	templado
	77.1	0	0	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
3/3/2021	≤70	24	23	termoneutral
	70.1	0	1	templado
	77.1	0	0	cálido

	86.1	0	0	muy cálido
4/3/2021		24	24	termoneutral
	70.1	0	0	templado
	77.1	0	0	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
5/3/2021	≤70	24	23	termoneutral
	70.1	0	1	templado
	77.1	0	0	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
6/3/2021	≤70	24	19	termoneutral
	70.1	0	5	templado
	77.1	0	0	cálido
	86.1	0	0	muy cálido
7/3/2021	≤70	24	16	termoneutral
	70.1	0	8	templado
	77.1	0	0	cálido
	86.1	0	0	muy cálido