

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

IMPACTO PRODUCTIVO DEL ACCESO A SOMBRA EN LA PARCELA
DE PASTOREO DE SORGO FORRAJERO TENDIENTE A MITIGAR EL EFECTO
DEL ESTRÉS POR CALOR EN NOVILLOS HEREFORD.

por

Federico KUCHMAN ROBAINA
German MATTOS CURBELO
Juan Andrés THEVENET RODRIGUEZ

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2022

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. (MSc.) (PhD.) Virginia Beretta

Ing. Agr. (MSc.) (PhD.) Álvaro Simeone

Ing. Agr. (MSc) Celmira Saravia

Fecha: 24 de junio de 2022

Autor:

Federico Kuchman Robaina

German Mattos Curbelo

Juan Andres Thevenet Rodriguez

AGRADECIMIENTOS

A los directores de tesis Ing. Agr. Virginia Beretta e Ing. Agr. Álvaro Simeone por la guía y el apoyo brindado en cada una de las etapas de este trabajo.

A la Ing. Agr. Celmira Saravia por su colaboración y apoyo brindado en la etapa de campo y procesamiento de los registros meteorológicos.

Al Sr. Diego Mosqueira, por su colaboración en el manejo de los animales.

A las compañeras de la cátedra de bovinos de carne Ing. Agr. Natalia Zabalveytia y Ing. Agr. María Victoria Burjel por su continua disposición y ayuda.

A nuestros familiares y amigos por acompañarnos en este proceso de formación y por el apoyo brindado durante toda la carrera.

TABLA CONTENIDO

	Página
<u>PÁGINA DE APROBACIÓN</u>	<u>II</u>
<u>AGRADECIMIENTOS</u>	<u>III</u>
<u>LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES</u>	<u>VI</u>
<u>1. INTRODUCCIÓN</u>	<u>1</u>
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
<u>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	<u>3</u>
2.1. INTRODUCCIÓN	3
2.2. FACTORES DE LA PASTURA Y SU MANEJO QUE AFECTAN EL CONSUMO Y LA PERFORMANCE ANIMAL.....	4
<u>2.2.1 Atributos de la pastura que controlan el consumo y la performance animal.....</u>	<u>4</u>
<u>2.2.2 Problemática estival en la producción de forraje.....</u>	<u>6</u>
<u>2.2.3 Sorgo forrajero como solución para la problemática estival</u>	<u>6</u>
2.3. ESTRÉS TÉRMICO	11
<u>2.3.1 Factores ambientales potencialmente estresantes</u>	<u>11</u>
<u>2.3.2 Indicadores de estrés por calor.....</u>	<u>13</u>
<u>2.3.3. Efectos del estrés por calor sobre la producción animal.....</u>	<u>17</u>
2.4. ESTRATEGIAS PARA ATENUAR EL ESTRÉS TÉRMICO.....	19
2.5. ACCESO A SOMBRA EN LA PARCELA DE PASTOREO COMO ESTRATEGIA PARA DISMINUIR EL ESTRÉS CALÓRICO DEL ANIMAL.....	21
2.6. HIPÓTESIS.....	23
<u>3. MATERIALES Y MÉTODOS</u>	<u>24</u>
3.1. UBICACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL.....	24
3.2. SUELO.....	24
3.3 INFRAESTRUCTURA	24
3.4. PASTURA	24
3.5. ANIMALES	25
3.6. TRATAMIENTOS	25

3.7. MANEJO	25
3.8. REGISTROS, MEDICIONES Y MUESTREOS	26
3.8.1 Disponibilidad de materia seca de forraje.....	26
3.8.2 Altura de forraje disponible	26
3.8.3 Peso vivo.....	27
3.8.4 Patrón de comportamiento ingestivo y de defoliación.....	27
3.8.5 Caracterización del forraje ofrecido y consumido.....	27
3.8.6 Indicadores fisiológicos de estrés por calor.....	28
3.8.7 Registros meteorológicos.....	28
3.9 VARIABLES CALCULADAS	29
3.9.1 Ganancia media diaria.....	29
3.9.2 Utilización de pastura	29
3.9.3 Índices estrés calórico	29
3.10 ANÁLISIS QUÍMICOS.....	30
3.11 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	30
<u>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	<u>32</u>
4.1 REGISTROS METEOROLÓGICOS	32
4.2 CARACTERÍSTICAS DE LA BASE FORRAJERA	36
4.3 COMPORTAMIENTO ANIMAL.....	41
4.3.1 Tiempo de acceso a la sombra	41
4.3.2 Tiempo pastoreo, rumia y descanso.....	42
4.3.3 Patrón diurno de pastoreo	46
4.3.4 Indicadores de estrés térmico en el animal	47
4.4 PATRÓN DE DEFOLIACIÓN	50
4.5 PESO VIVO Y GANANCIA DIARIA.....	52
4.6 DISCUSIÓN GENERAL.....	55
<u>5. CONCLUSIONES</u>	<u>57</u>
<u>6. RESUMEN</u>	<u>58</u>
<u>7. SUMMARY</u>	<u>59</u>
<u>8. BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>60</u>
<u>9. ANEXOS</u>	<u>69</u>

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Producción de sorgo híbrido (kg/há).....	7
2. Valor nutritivo de forraje ofrecido de sorgo forrajero para pastoreo.	8
3. Resultados de investigaciones evaluando la performance de novillos pastoreando Sorgo forrajero y Sudangrass.	10
4. Temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa, precipitaciones, ITH, HLI al sol y a la sombra de verano 2021.	32
5. Principales características del sorgo forrajero para ambos tratamientos en cuanto al forraje ofrecido, remanente y la utilización. Efecto de los tratamientos, de la semana y su interacción sobre las características.	37
6. Evolución de la composición botánica del forraje ofrecido.	39
7. Utilización de la sombra según semana de medición, expresado como porcentaje del tiempo total diurno y valores promedios para cada semana de índice de temperatura- humedad (ITH) e índice de carga calórica (HLI).	41
8. Frecuencia de utilización de la sombra y valores promedios de índice de temperatura-humedad (ITH) e índice de carga calórica (HLI), según periodo dentro del día.	42
9. Tiempo dedicado a cada actividad, expresado como porcentaje respecto al tiempo total.	42
10. Proporción de tiempo dedicado a cada actividad, para cada semana, expresado como porcentaje del tiempo total.	43
11. Efecto tratamiento en la frecuencia respiratoria en la mañana y en la tarde.	48
12. Efecto tratamiento en la temperatura rectal medida en la mañana (8 horas) y en la tarde (14 horas).	49
13. Efecto tratamiento como porcentaje en el score de jadeo	49
14. Patrón de defoliación para los diferentes tratamientos. Defoliación diaria expresada en cm, y en porcentaje respecto al total de la planta, en conjunto con el porcentaje de la defoliación diurna respecto al total diario.	50
15. Defoliación diaria promedio semanal, junto a indicadores de estrés térmico en el animal.	51
16. Efecto del acceso a sombra en la parcela sobre la ganancia de peso promedio y el peso vivo en novillos pastoreando sorgo forrajero (medias ajustadas).	53

Figura No.	Página
1. Índice ITH. Departamento of Agricultural Engineering, The University of Tucson, Arizona, modificado de Wiersma (1990).....	14
2. Evolución mensual del ITH promedio diario (Porcentaje de días con rangos de ITH).	33
3. Evolución del índice de temperatura y humedad (ITH), calculado con datos promedios diarios y con datos promedios diurnos.....	34
4. HLI mensual para cada tratamiento.	35
5. Evolución del índice de carga calórica (HLI), en base a datos promedios diurnos ...	36
6. Evolución semanal de la disponibilidad para cada uno de los tratamientos.	38
7. Evolución de la utilización de forraje semanal.	40
8. Porcentaje del tiempo dedicado a pastoreo y evolución del índice de carga calórica (HLI).	44
9. Evolución semanal del tiempo dedicado a pastoreo de sorgo forrajero en novillos (CS), (SS) y del índice de temperatura y humedad (ITH).....	45
10. Porcentaje del tiempo dedicado a pastoreo para tres periodos del día para ambos tratamientos, junto a la evolución del índice de carga calórica (HLI) y del índice de temperatura y humedad (ITH).....	47
11. Defoliación promedio semanal y evolución del índice HLI.	51
12. Evolución de peso vivo de novillos pastoreando sorgo forrajero con o sin acceso a sombra en la parcela.....	52
13. Ganancia media diaria según etapa dentro del periodo experimental.	54

1. INTRODUCCIÓN

A nivel nacional, la base alimenticia de los sistemas de producción ganaderos son las pasturas naturales y las sembradas.

En dichos sistemas, la producción de los forrajes presenta variaciones estacionales e interanuales, en lo que respecta a cantidad y calidad, asociado a las variaciones en las condiciones ambientales y los cambios en el estado fenológico de las pasturas. Por lo que es necesario un abordaje estacional a los efectos de predecir con mayor exactitud la performance animal.

La producción bovina en los meses de verano está sometida a ciertas condiciones climáticas que pueden afectar el comportamiento del ganado debido a la combinación de altas temperaturas y humedad. Estos cambios en el ambiente provocan estrés en el animal afectando su performance. Se ha estudiado que en el norte del país este escenario se presenta con mayor frecuencia donde los índices de estrés por calor superan los niveles críticos durante gran parte del verano.

Esta época coincide también con la menor producción y pérdida de calidad observadas en las pasturas sembradas de especies templadas, afectando la ganancia de peso vivo de los vacunos, y disminuyendo marcadamente la productividad estival de los sistemas.

Esta situación se puede contrarrestar mediante la utilización de verdeos de veranos como el sorgo forrajero y además el acceso a sombra natural de montes (Simeone et al., 2010) o bien el retiro de los animales del pastoreo a un encierro con sombra y agua durante las horas de mayor ITH (Beretta et al., 2013). Estos manejos han demostrado atenuar la incidencia de estrés por calor impactando positivamente sobre ganancia de peso vivo.

Trabajos recientes, sin embargo, reportan que cuándo el retiro diurno con sombra y agua fue utilizado con novillos en pastoreo rotativo de sorgo forrajero, si bien redujo el estrés por calor, no resultó en una mejora de la performance animal. Para este tipo de pasturas, el disponer de sombra en la parcela, podría beneficiar el balance energético del animal y la performance durante el período estival.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del acceso a la sombra en la parcela sobre la disminución del estrés calórico y la performance estival en novillos pastoreando sorgo forrajero.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Caracterizar el patrón de evolución de peso vivo durante el verano en novillos pastoreando sorgo con o sin acceso a sombra en la parcela de pastoreo.

Evaluar el efecto del acceso a sombra sobre la eficiencia de utilización del forraje y patrón de defoliación.

Caracterizar el patrón de comportamiento animal en cada tratamiento y parámetros de estrés térmico como variables interpretativas de la respuesta observada.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay, se registra un marcado descenso de la producción de carne durante el periodo estival en los sistemas intensivos de engorde de vacunos sobre pasturas sembradas (Simeone, 2000).

Esta reducción en la producción de carne estaría en gran parte explicada por la pérdida de calidad observada en la pastura en esta época (López Da Silva y Bozzone, citados por Cortazzo et al., 2007), y por el efecto del estrés térmico asociado a elevadas temperaturas y humedad relativa contribuyendo negativamente sobre la producción animal, reduciendo el consumo voluntario e incrementando los requerimientos de mantenimiento (NRC, 1996).

Beede y Collier (1986) proponen varios manejos para reducir los efectos del estrés térmico, dentro de los que se destacan la modificación del ambiente, desarrollo genético de animales menos sensibles al calor, y manejo nutricional.

La utilización de verdeos de veranos como el sorgo forrajero contribuye con elevada producción de forraje de buena calidad, contrarrestando la merma productiva forrajera estival (Rovira, 2012).

El acceso a sombra natural de montes (Simeone et al., 2010) o bien el retiro de los animales del pastoreo a un encierro con sombra artificial y agua durante las horas de mayor ITH en novillos pastoreando praderas (Beretta et al., 2013) han demostrado atenuar la incidencia de estrés por calor impactando positivamente sobre ganancia de peso vivo.

Rovira (2012), concluyó que la disponibilidad de sombra artificial mejoró significativamente el comportamiento productivo de novillos pastoreando sudangrass cuando el plano nutricional fue alto y en condiciones ambientales de mayor estrés calórico. No existiendo diferencias de producción entre animales con acceso libre o restringido a la sombra.

La estrategia de retiro de animales a un encierro con sombra artificial, cuando es utilizada con novillos en pastoreo rotativo de sorgo forrajero, si bien redujo el estrés por calor, no resultó en una mejora de la performance animal¹. Para este tipo de pasturas, el disponer de sombra en la parcela, podría afectar el comportamiento animal y generar cambios fisiológicos, que mejoran el termo confort de los animales, reduciendo así los gastos de mantenimiento y mejorando la performance durante el período estival.

¹ Tagliani, E. M.; Taño, M. G. 2021. Com. Personal.

2.2. FACTORES DE LA PASTURA Y SU MANEJO QUE AFECTAN EL CONSUMO Y LA PERFORMANCE ANIMAL

2.2.1 Atributos de la pastura que controlan el consumo y la performance animal

El consumo animal tiene una importancia superlativa en la performance animal, siendo responsable del 70% de la ganancia de peso. El 30% restante se atribuye a la eficiencia de digestión y metabolización de los componentes del forraje (Waldo, 1986).

En el corto plazo el consumo animal está controlado por el complejo apetito saciedad del animal. El mismo es afectado por factores estructurales de la planta que influyen sobre la masticación de forraje, la tasa de ingestión y pasaje lo cual determina el llenado del tracto, y por lo tanto la performance animal (Forbes, 1988). El consumo se ve limitado por el llenado del rumen dependiendo este del contenido de pared celular que contenga la dieta y la proporción de forraje de la misma, el grado de lignificación y la resistencia a la rotura por masticación y digestión (Balch y Campling, 1962).

Asimismo Poppi et al. (1987), indican que el consumo en pastoreo se ve afectado por factores nutricionales y no nutricionales, siendo estos últimos los relacionados a la cosecha física del forraje.

El consumo de materia seca (g/día) en pastoreo es el resultado del producto entre la tasa de consumo (g/hora) y el tiempo de pastoreo (horas/día). La tasa de consumo a su vez ha sido expresada como el producto del peso de cada bocado individual (g/bocado) por el número de bocados por hora (bocados/hora) (Alden y Whittaker, 1970).

Dalley et al. (1999), plantean que el descenso del consumo y por lo tanto en la performance animal cuando se manejan bajas asignaciones de forraje se debe a una menor tasa de consumo y no tanto a un menor tiempo de pastoreo; esta disminución en la tasa de consumo estaría explicada por un menor tamaño de bocado y una menor tasa de bocado al manejar bajas asignaciones.

A medida que disminuye la cantidad de pasto, la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo son las variables que se pueden compensar para intentar mantener el consumo diario de forraje; pero en etapas tardías de defoliación de la pastura ambas variables declinan (Chacon y Stobbs, 1976, Forbes, 1988).

Diferentes autores expresan que, a niveles de consumo por debajo del máximo potencial, el incremento en disponibilidad de forraje producirá aumentos en la ganancia diaria por animal (Mott, 1960, Hull et al., 1961).

La intensidad de pastoreo se define como la relación entre unidades de peso animal y el peso de materia seca de forraje disponible por unidad de área en un determinado momento, normalmente expresada en kg MS/ha de forraje cada 100 kg de peso vivo / día. Esta variable, al relacionar el peso animal y la disponibilidad de materia seca, afecta el consumo animal, la cantidad y el tipo de remanente de las pasturas ofrecidas. (Gabard y Russi, 2005).

Existen diversos experimentos que estudian esta variable, donde se destaca el realizado por Mott (1960). En dicho trabajo se estudió la influencia de la intensidad de pastoreo sobre la ganancia de peso animal y la productividad por hectáreas, generándose un modelo que permite identificar la zona óptima de pastoreo donde se maximizan las ganancias por unidad de área con altas ganancias individuales.

Cuanto más drásticas son las defoliaciones y menores los intervalos de tiempo entre ellas, las plantas son afectadas en forma notable decreciendo la producción de forraje total (Carámbula, 1964).

En manejos con pastoreos severos y poco frecuentes, las reservas cobran importancia en la formación de nuevos tejidos. Por el contrario en manejos poco intensos y frecuentes el área foliar remanente es suficiente para el rebrote de la planta (Risso et al., 1995).

El mayor consumo y la mayor capacidad de selección al aumentar la asignación de forraje explicarían el incremento en la ganancia de peso al aumentar la asignación de forraje (Wales et al., 1998). Sin embargo Spedding, Joyce y Brunswick, citados por Bianchi (1982) señalan que al aumentar la AF, el aumento en la ganancia diaria animal se debe a un mayor consumo y no a una mayor calidad de la dieta.

Bianchi (1982), reporta que existe una relación positiva entre la disponibilidad de forraje y el consumo de MS siendo uno de los factores más importantes del consumo en condiciones en pastoreo. Hodgson (1981) y Forbes (1988) afirman que un aumento en la asignación de forraje permite a los animales lograr un mayor consumo a lo largo del tiempo teniendo en la mayor parte del pastoreo un mayor tamaño de bocado, con mayor capacidad de selección.

La altura del forraje es una de las variables que más afectan el consumo, por estar directamente relacionada con el peso de bocado (Chilibroste, 2002). A mayor altura de la pastura existe una distribución espacial más favorable del forraje, implicando esto una mayor facilidad de prehensión y consecuentemente un mayor peso de bocado (Jamieson y Hodgson, 1979). Por lo tanto, al aumentar la altura, las ganancias de peso por animal aumentan, esto se da hasta un valor máximo dependiendo de la estación en la que se encuentre (Morris et al., 1993).

A medida que las plantas avanzan en su ciclo y pasan del estado vegetativo a reproductivo, las hojas, (principal componente de calidad) contribuyen a una menor proporción al rendimiento de MS digestible. Mientras tanto los tallos y las inflorescencias aumentan su proporción en forma progresiva por lo que, dado su menor valor nutritivo, la calidad de la pastura desciende (Carámbula, 1997).

2.2.2 Problemática estival en la producción de forraje

Durante el período estival las varianzas en los rendimientos de la pastura están explicadas por las variaciones climatológicas, el efecto conjunto de las variables climáticas explica entre el 36% y 86% de la variabilidad en el crecimiento de la pastura (Bettolli et al., 2010).

No solo hay variación en cuanto a la producción y crecimiento del forraje sino además en calidad. Los forrajes de verano se caracterizan por tener un mayor contenido de pared celular (celulosa y hemicelulosa), bajo contenido de proteína y alto contenido de fibra (Carámbula, 2007).

Esta menor calidad del forraje en verano se da por que las pasturas alcanzan la madurez, disminuyendo así su valor nutritivo, provocando una disminución en la degradación ruminal y lentas tasas de pasaje a nivel del tracto gastrointestinal, limitando así el consumo por mecanismos de tipo físico (Flamenbaum, 1997).

Esta limitación del consumo está asociado en esta estación a una reducida motilidad ruminal, baja tasa de rumia, y un mayor consumo de agua, que llevan en forma asociada a un mayor llenado ruminal y por lo tanto a reducir el consumo (Warren et al., 1974).

2.2.3 Sorgo forrajero como solución para la problemática estival

Los cultivos forrajeros anuales contribuyen a reforzar la entrega de forraje en la época crítica de verano, cuando las especies perennes disminuyen su calidad (Carámbula, 2002).

Dentro de los verdes de verano se destaca la utilización de variedades de sorgo forrajero. Los sorgos se distinguen por su alta producción de forraje de buena calidad, resistencia a la sequía, adaptación a diferentes tipos de suelos, resistencia al pisoteo, amplia capacidad de rebrote y amplitud de usos: pastoreo, cortes, henificación y ensilajes (Gabard y Russi, 2005).

Los híbridos de sorgo forrajero poseen gran adaptación al pastoreo por su excelente macollaje con rápido crecimiento luego de la defoliación, aunque menor que los cultivares de sudangrass, poseen alto poder de compensación de plantas y mayor tolerancia a déficit hídricos que otras alternativas estivales (Berlangieri et al., 2008).

La producción de los sorgos forrajeros por unidad de superficie es muy elevada debido a que presentan altas tasas de crecimiento diario en periodos cortos de tiempo. El ciclo productivo es limitado por temperaturas menores a 16°C y mayores a 30°C por lo que el lapso productivo es muy amplio, además de poder soportar periodos prolongados de sequía (Carámbula, 2002). Ver cuadro No. 1.

Cuadro No. 1: Producción de sorgo híbrido (kg/há)

	Media de producción (kgms/ha)	C.V. (%)
ENC INIA 2018	9827	10,3
ENC INIA 2019	11452	4,9
ENC INIA 2020	8671	6,9

Fuente: adaptado Evaluación nacional de cultivares INIA – INASE (2018).

Ensayos comparativos realizados en La Estanzuela por Artola y Carámbula (1978), mostraban los siguientes resultados: sorgo híbrido 10,5 ton; sordan 9,5 ton; Sudangras 7,5 ton.

En el cuadro No. 2 se reportan valores nutritivos promedios de referencia de sorgo forrajero en el periodo estival. El contenido de proteína cruda de las gramíneas tropicales en los primeros estadios tiende a ser menor que en las gramíneas templadas, debido a factores genéticos, ambientales y altos potenciales de producción de materia seca (Carámbula, 1977).

Cuadro No. 2: Valor nutritivo de forraje ofrecido de sorgo forrajero para pastoreo.

	Cenizas	Proteína cruda	FDN	FDA	EM
1	13,0	8,9	62,6	-	2,25
2	9,88	7,5	-	41,93	1,92
3	11,9	14,1	56	33,3	-

Dónde: FDN es la fibra detergente neutro, FDA es la fibra detergente ácida y EM es la energía metabolizable.

1- Casanova (2020)

2- Mieres et al. (2004).

3- Datos extraídos a partir de INIA (2021) para periodo 2020.

La madurez en plantas de sorgo determina cambios progresivos en su composición química que resulta en una pérdida del valor nutritivo a medida que la madurez progresa, los porcentajes de proteína y la digestibilidad disminuye mientras que los de fibra aumentan (Fassio et al., 2002).

Según Wedin (1970), la disminución de la digestibilidad al avanzar la madurez está determinada por el aumento en pared celular, aumentando así los porcentajes de celulosa, hemicelulosa y lignina.

El manejo de estos verdeos es de suma importancia, estos cultivos cuando se usan para pastoreo directo presentan un elevado desperdicio por su alta tasa de crecimiento diario, lo cual dificulta el consumo adecuado por parte de los animales, por lo que el ajuste de la frecuencia e intensidad de pastoreo juegan un rol muy importante en el resultado productivo alcanzado (Romero, 2003). Gallarino (2008) concuerda con lo previamente mencionado y remarca la pérdida de calidad que sería consecuencia de las características morfofisiológicas mencionadas lo cual se acentúa más en cultivares híbridos.

Un correcto manejo del mismo comprende altas dotaciones, con entradas al pastoreo de 60 cm dejando un rastrojo de 15 cm, de tal forma que el ganado utilice el forraje disponible en el menor tiempo posible (Vaz Martins et al., 2003, Carámbula, 2007). Otro aspecto importante es no demorar el primer pastoreo, de forma de que las últimas franjas de pastoreo no superen los 120 cm. Con un buen manejo es posible obtener 3 pastoreos en verano e inicios de otoño, y un último pastoreo a fines del otoño (Barbera y Benítez, 2016).

Carambula (2007), recalca la importancia de dejar un rastrojo activo lo suficientemente voluminosos para enfrentar mejor las condiciones ambientales que les impone el verano, aprovechando así la alta insolación con un eficiente proceso fotosintético. Esta cobertura impide los efectos negativos de la insolación y protege las yemas basales las cuáles serán las encargadas del rebrote.

Un aspecto importante a tener en cuenta en el manejo de los sorgos forrajeros es la concentración de ácido cianhídrico, dado a que si esta es elevada puede causar envenenamiento del ganado (Fjell et al., citados por Silungwe, 2011). Según Cesar y Cópola (2015), la concentración letal para el ganado es de 2 mg/kg de peso vivo, esta se alcanza cuando las plantas están en fase de crecimiento (rebrote) o posterior a un período de estrés. Como prevención no se debe pastorear con animales hambrientos, cultivos en etapas de crecimiento, rebrote (alturas menores a 40 cm) o posterior a un evento de estrés (Carámbula, 1997).

Si bien existe considerable cantidad de información de sorgo forrajero respecto al valor nutritivo en distintos estados de madurez, es escasa la información local sobre ganancias de peso producidas y selectividad en pastoreo (Panza et al., 1990).

Los animales registran mejores ganancias de peso durante el primer ciclo de pastoreo en comparación con el segundo ciclo. Rovira (2012), asocia estos resultados a las características del verdeo, en donde en el segundo ciclo tanto la producción total como el aporte de hojas es menor.

Lagomarsino y Montossi (2014), reportaron que con cargas de 7,5 novillos/ha de 15 meses de edad y un peso vivo inicial de aproximadamente 300 kg, se puede alcanzar una productividad de 277 a 381 kg PV/ha durante el período estival dependiendo de la base forrajera (Sudangrass 277 kg PV/ha vs Sorgo forrajero 353 kg PV/ha) y del efecto año (Sorgo primer año 353 kg PV/ha vs sorgo segundo año 381 kg PV/ha), para ningún tratamiento se implementó suplementación.

En el cuadro No. 3 se presentan resultados de investigaciones en donde se caracteriza el potencial de producción de novillos sobre sorgos y se visualiza el potencial de ganancia media diaria en diferentes situaciones.

Cuadro No. 3: Resultados de investigaciones evaluando la performance de novillos pastoreando Sorgo forrajero y Sudangrass.

Ref ¹	Tratamiento ²	Peso inicio (kg)	Peso final (kg)	Ganancia de peso (kg/día)
1	Sudangrás sin sombra (5,3 a/ha)	401	424	0,451
	Sudangrás con sombra (5,3 a/ha)	401	429	0,514
2	Sorgo BMR a 8% AF, Pl, 0% S.	268	290	0,384
	Sorgo BMR a 8% AF, Ed, 0% S.	260	303	0,574
	Sorgo BMR a 8% AF, Pl, 1% S.	263	362	1,385
	Sorgo BMR a 8% AF, Ed, 1% S.	264	359	1,267
3	Sudangrás (5,8 a/ha)	304	378	0,823 b
	Sorgo BMR (5,8 a/ha)	304	388	0,945 a

¹Referencia: 1- Rovira (2002) 2-Tagliani y Taño (s/p)² 3- Rovira y Echevarría (2013).

² BMR es brown middle rib, Pl es pastoreo libre, Ed es encierre diurno, AF corresponde a asignación de forraje y S a suplementación.

Medias seguidas por distintas letras difieren estadísticamente (P<0.05).

NASEM, citado por Cazzuli et al. (2019), asegura que novillos de 15 a 18 meses pastoreando sobre sudangrás o sorgo forrajero limitarían sus ganancias medias diarias por deficiencia de proteína, más que por deficiencia de energía.

² Tagliani, E. M.; Taño, M. G. 2021. Com. Personal.

2.3. ESTRÉS TÉRMICO

Los animales viven en un estado de interacción entre los procesos físicos y químicos de su propio cuerpo y el entorno que los rodea (Yousef, citado por Arias et al., 2008).

Los animales homeotermos como los rumiantes son los que tienen la habilidad de controlar su temperatura corporal dentro de un ajustado margen a través de diferentes procesos fisiológicos (Bianca, 1968).

Condiciones de altas temperaturas y elevada radiación solar durante el periodo estival generan un aumento de la producción de calor de los animales. Para disipar dicho calor producido y mantener estable la temperatura corporal los animales presentan 4 vías principales de pérdidas de calor; tres de estas vías (conducción, convección y radiación) se denominan sensibles, ya que basan su operación en la gradiente térmica, en tanto la cuarta vía (evaporación) se basa en gradiente de presión de vapor y se le denomina pérdida insensible de calor (Beede y Collier, citado por Adami et al., 2008).

El estrés térmico es descrito como el resultado de un balance negativo entre la energía disipada y el calor producido por el animal (St-Pierre et al., 2003). En respuesta a ello, el vacuno reduce su consumo de MS y destina energía al restablecimiento de la homeotermia a través de un aumento de la tasa metabólica (SCA, citado por Beretta et al., 2013). Se produce una reducción en el potencial productivo, como consecuencia de cambios en los requerimientos y las estrategias adoptadas para disminuir el impacto del periodo de estrés por parte de los animales. Debido a esto se han llevado a cabo numerosos esfuerzos para identificar los umbrales a los que los animales comienzan a sufrir estrés térmico, de tal manera de prevenir los efectos negativos que estos implican (Arias et al., 2008).

2.3.1 Factores ambientales potencialmente estresantes

Hahn et al. (2003), definieron los factores fisico-ambientales que interaccionan con el animal, correspondiendo a la temperatura del aire, humedad relativa, radiación, velocidad del viento, precipitación, presión atmosférica, luz ultravioleta y polvo. Estos actúan sobre los receptores nerviosos y la información recibida se transmite al hipotálamo que pone en acción los mecanismos compensatorios (Bianca, 1972).

2.3.1.1 Temperatura

La temperatura ambiente efectiva de confort para el ganado es el estado constante de temperatura corporal, la cual puede ser mantenida sin necesidad de ajustes fisiológicos o de comportamiento (Khalifa, 2003).

Cuando la temperatura del aire toma valores superiores al rango térmico delimitado en la zona de confort, el animal activa sus mecanismos de defensa: la sudoración, la vasodilatación periférica y el incremento de la frecuencia respiratoria para mantener la temperatura interna en el rango considerada normal o característico para la especie (Bianca, 1972).

Martin, citado por Adami et al. (2008), estima que cuando la temperatura supera los 27 °C el ambiente es estresante para bovinos, en especial los Bos Taurus, mientras que Strill, citado por Cortazzo et al. (2007) citan 29.5°C como la temperatura máxima sin que existan efectos sobre los animales.

2.3.1.2 Radiación solar

En condiciones de campo, el animal absorbe calor de las radiaciones solares directas e indirectas (Bianca, 1972), siendo considerada como uno de los factores más importantes que afectan el balance térmico en el ganado (NRC, citado por Arias et al., 2008, Silanikove, 2000), más aún cuando se trata de radiación directa (Bianca, citado por Adami et al., 2008).

Gomes da Silva et al. (2007), concluyeron que aquellos índices de medición del potencial estresante del ambiente que incluyeron la velocidad del viento y/o la radiación solar, en comparación con los que solo incluían temperatura y humedad fueron los que mejor se ajustaron.

2.3.1.3 Humedad

La humedad relativa es un factor de importancia, acentuando las condiciones adversas de las altas temperaturas (Da Silva, citado por Arias et al., 2008).

Los principales efectos están asociados con una reducción de la efectividad en la disipación de calor por sudoración y respiración (Blackshaw y Blackshaw, Renaudeau citados por Arias et al., 2008) y ha mostrado estar negativamente asociados al consumo diario de agua en vacas en lactación (Meyer et al., 2004).

2.3.1.4 Viento

El viento aumenta los procesos de disipación de calor por vías evaporativas, permitiendo reducir los efectos del estrés térmico (Mader et al., 1997). A su vez tiene un efecto negativo, disminuyendo el consumo diario de agua y la escala de jadeo (Loneragan et al., citados por Arias et al., 2008).

Berman (2005), indicó que altos niveles de humedad disminuyen los umbrales de temperaturas críticas, el efecto relativo de la humedad disminuye si se incrementa la velocidad del viento siendo prácticamente cero a velocidades de 1.5 a 2 metros por segundo.

2.3.2 Indicadores de estrés por calor

2.3.2.1 Índice Temperatura y Humedad

El riesgo a estrés calórico se puede estimar mediante el índice de temperatura y humedad (ITH) desarrollado por Thom (1959) y siendo modificado para la región por Valtorta y Gallardo (1996).

$$ITH = 1.8T + 32 - (0.55 - 0.55 HR) (1.8T - 26)$$

T= Temperatura del aire en °C.

HR= Humedad relativa expresado en forma decimal.

En función de este índice, se han caracterizado cuatro categorías según el riesgo potencial al estrés calórico para ganado de carne (Livestock Weather Safety Index): 1) ITH menor a 74 se considera una situación normal, 2) alerta, ITH entre 74 y 78, 3) peligro, ITH entre 78 y 82, 4) emergencia, ITH mayor a 82 (Johnson, citado por Cruz y Saravia, 2008).

Wiersma, citado por Adami et al. (2008), estableció cuatro categorías en función del valor del ITH y el riesgo de estrés térmico en vacas lecheras, siendo menor a 72 sin riesgo a estrés, 72 a 79 alerta por estrés medio, 80 a 89 peligro por estrés severo y mayor a 90 emergencia por riesgo elevado de muerte por estrés calórico. (Figura No. 1).

T°		Humedad relativa (%)																										
F	+C	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100						
75	24	No estrés													72	72	73	73	74	74	75	75	75	75	75	75	75	
80	27	No estrés													72	72	73	73	74	74	75	76	76	77	78	78	79	80
85	29	72		72	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84	84	85	85	85					
90	32	72	73	74	75	76	77	78	79	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88	89	90						
95	35	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95						
100	38	77	78	79	80	82	83	84	85	86	87	88	90	91	92	93	94	95	97	98	99	99						
105	41	79	80	82	83	84	86	87	88	89	91	92	93	95	96	97												
110	43	81	83	84	86	87	89	90	91	93	94	96	97															
115	46	84	85	87	88	90	91	93	95	96	97																	
120	49	86	88	89	91	93	94	96	98																			

Figura No. 1: Índice ITH. Departamento of Agricultural Engineering, The University of Tucson, Arizona, modificado de Wiersma (1990).

Estos valores concuerdan con los determinados por Johnson et al. (1961), valor crítico de ITH para la producción de leche en vacas Holando de 72 y con Berra et al. (1995), que afirman que por encima de 40°C y 70% de humedad relativa (ITH 89) ya hay muerte en animales.

Cruz y Saravia (2008), realizaron una caracterización de ITH para diferentes regiones del Uruguay una caracterización de ITH, se encontraron en el periodo estival valores por encima del crítico (ITH 72) para el norte del Rio Negro, con valores máximos en enero. Datos en esa región determinaron una probabilidad mayor a 70% de ocurrencia de valores de ITH diarios mayores a 72 (Saravia, 2009).

Valtorta y Gallardo (2003), destacan la importancia del número de horas diarias de estrés, si el periodo diario con valores de ITH inferiores al crítico es reducido, se ve limitada la capacidad del animal para eliminar calor durante el periodo nocturno.

Sin embargo, el ITH no tiene en cuenta factores climáticos como la radiación solar y la velocidad del viento ni tampoco incluye factores de manejo productivo o de genotipo animal (Gaughan et al., 2008).

2.3.2.2 Índice de carga calórica

Se desarrolló un nuevo índice para ganado de engorde a corral, denominado HLI (heat load index), el cual fue evaluado en diferentes genotipos e incorpora las variables de temperatura del globo negro, humedad relativa y velocidad del viento (Gaughan et al., 2008).

Cuando la temperatura del globo negro es mayor a 25°C:

$$HLI = 8,62 + (0,38 \times HR) + (1,55 \times GNT) - (0,5 \times V) + e^{(2,4 - V)}$$

La temperatura del globo negro es menor a 25°C:

$$HLI = 10,66 + (0,28 \times HR) + (1,3 \times GNT) - V.$$

Donde;

HR es humedad relativa expresada en porcentaje.

GNT es temperatura del globo negro expresada en °C

V es la velocidad del viento expresada en m/s

Estableciéndose 4 categorías: 1) condiciones termoneutrales, cuando el HLI es <70,0; 2) condiciones cálidas, cuando el HLI es de 70,1 a 77,0; 3) condiciones de calor, cuando el HLI es de 77,1 a 86,0; y 4) condiciones de mucho calor, cuando HLI es >86,0. Se tomó como animal de referencia un novillo Angus de pelaje negro, con 100 días de alimentación, sin acceso a sombra (Gaughan et al., 2008).

El índice tiene una correlación positiva con la frecuencia respiratoria y la puntuación de jadeo, por lo que al aumentar las condiciones de calor, aumentan los indicadores de estrés térmico en el animal. (Gaughan et al., 2008).

Los factores considerados en el ajuste de los umbrales del índice incluyeron el genotipo, el color del pelaje, el estado de salud, el acceso a la sombra, el área de sombra, los días de alimentación, el manejo del estiércol y la temperatura del agua potable (Gaughan et al., 2008).

Los globos negros o esferas de Vernon, son otra herramienta para caracterizar el ambiente meteorológico. Se ubican cerca del lugar que ocupan los animales y en los que

se registra la temperatura luego de establecerse el equilibrio térmico, permite integrar en un registro de temperatura los aportes de calor por convección y radiación (Saravia, 2009).

Es el mejor indicador para estimar la carga calórica que sufre el animal debido a que representa la interacción de temperatura del aire, radiación solar y velocidad del viento (Bernam y Wolfenson, citados por Adami et al., 2008).

2.3.2.3 Temperatura rectal

Rovira (2012), indicó que la temperatura rectal y la frecuencia respiratoria son los principales indicadores fisiológicos de estrés por calor. Pero de acuerdo a las condiciones de nuestros sistemas en el país, su medición se dificulta, dado que el animal tiene que trasladarse a instalaciones físicas para realizar las mediciones (Silanikove, 2000).

En bovinos para leche en producción el rango de temperatura corporal considerado normal es de 38.4 a 39.0° C (Hansen et al., citados por Saravia, 2009).

Animales sometidos a estrés calórico presentaron una temperatura rectal 1,5°C mayor que la registrada en animales bajo condiciones normales (Wilson et al., 1998) y concuerda con lo obtenido por Beede y Collier (1986), en donde vacas Jersey con acceso a sombra tuvieron más de 1°C de diferencias en la temperatura rectal con respecto a aquellas sin acceso a sombra.

Cuando se relaciona el ITH con otros indicadores como lo son la temperatura rectal y la frecuencia respiratoria, se observa que la primera se incrementa cuando el ITH es mayor a 80 y la segunda se incrementa cuando se supera el ITH 73 (Lemerle y Goddard, citados por Silanikove, 2000).

2.3.2.4 Frecuencia respiratoria

La frecuencia respiratoria es uno de los mecanismos más importantes a considerar al momento de evaluar el nivel de estrés por calor del ganado, dado que es una respuesta observable en el animal cuando está expuesto a temperaturas por sobre su umbral de confort (Gaughan et al., 2000).

Arias et al. (2008), indicaron que el aumento en la frecuencia de respiración tiene por objeto aumentar la pérdida de calor por las vías respiratorias y es una de las vías más importantes para mantener el balance térmico.

Brown-Brandl et al. (2005, 2006) concluyeron que la tasa de respiración es el indicador más apropiado para monitorear estrés por calor en el ganado y dicha tasa se relaciona con la escala de jadeo, resultando también en un valioso indicador para estimar el riesgo de estrés por calor en el ganado. Ambas son afectadas por la temperatura ambiental, el genotipo, la condición corporal, el historial sanitario y el temperamento de los animales (Arias et al., 2008).

Silanikove (2000), propone la escala de 40-60 respiraciones por minuto (rpm) riesgo bajo de estrés calórico, 60-80 rpm para riesgo medio, 80-120 rpm riesgo alto, mayor a 120 rpm riesgo severo de estrés calórico.

Se estima que sobre los 25 °C comienza a registrarse un incremento en la tasa de respiración, sin embargo ésta es una respuesta individual, la que varía según la raza y estado fisiológico de cada animal (Gaughan, citado por Arias et al., 2008). Por su parte Hahn et al. (1997a) reportaron un incremento en la tasa de respiración del ganado de 4 rpm por cada grado de incremento sobre 21 °C, con una línea de base de 60 rpm en condiciones de termoneutralidad.

Sin embargo ante un marcado estrés calórico (cuando la temperatura corporal de bovinos alcanza los 40° C aproximadamente) cambia el tipo de respiración, la respiración rápida y superficial cede paso a una respiración más lenta y profunda, lo que aumenta la ventilación (Bianca, citado por Saravia, 2009).

2.3.2.5 Escala de jadeo

Una alternativa de fácil implementación es determinar la puntuación de jadeo de un animal individual que sirve como un buen indicador de la temperatura corporal. A medida que la temperatura, la humedad, y el ITH aumentan, las puntuaciones de jadeo también aumentarán. Se determinan en una escala de 0 a 5 (Gaughan et al., 2008).

El jadeo demanda un aumento en los requerimientos de mantención en aproximadamente un 7%, mientras que un incremento del 18% es asociado a frecuencia de respiración más pausadas y profundas (NRC, citado por Arias et al., 2008).

2.3.3. Efectos del estrés por calor sobre la producción animal

Cuando el medio ambiente que rodea al animal presenta altas temperaturas y elevada humedad, los animales pasan de un estado de homeotermia a hipertermia. Como

respuesta a esto, el animal reduce una serie de actividades que generan calor, de forma de volver al balance térmico (Giraudó, 2003).

Hanh, citado por Rovira (2012) estima que, en situaciones no tan severas de estrés calórico, es común que las pérdidas productivas pasen desapercibidas y puedan ser; reducción en el consumo de forraje, menor tasa de ganancia de peso, sistema inmune debilitado, etc. Pero pueden ser tan costosas como la pérdida de vida de los animales en situaciones extremas de estrés calórico (Hahn y Mader, 1997b).

Según Gerloff, citado por Cortazzo et al. (2007), cualquier temperatura ambiental por fuera del rango de la zona termoneutral del animal, incrementa los requerimientos de energía.

Como parte de las estrategias de aclimatación del animal, el consumo diario de materia seca y el consumo diario de agua son directamente afectados, ya que ambos se relacionan con el balance térmico del ganado e impactan en la regulación de la temperatura corporal (Finch, citado por Arias et al., 2008).

Altas temperaturas decrecen la actividad de la glándula tiroides, mientras que condiciones frías incrementan su actividad, afectando la motilidad y la tasa de pasaje de los alimentos (NRC, Habbeeb et al., citados por Arias et al., 2008). Estas modificaciones en la actividad de la glándula tiroides son consistentes con la menor tasa metabólica, menor consumo de alimento, menor crecimiento y menor producción de leche en condiciones de estrés por calor (Beede y Collier, 1986).

Brown-Brandl (2006) reportaron que bajo condiciones de estrés por calor los animales disminuyeron el tiempo dedicado a consumir alimento y el que permanecen echados, así como también reportaron una reducción en la agresividad del ganado. Por otra parte, aumenta el tiempo dedicado a beber agua y el que permanecen de pie cerca de los bebederos. Esto coincide con lo expresado por Giraudó (2003), la disminución de las horas de pastoreo en el verano está ligada estrechamente a la temperatura, determinando la búsqueda de sombra y agua, y un mayor gasto de energía para compensar el calor.

Los animales con libre acceso a la sombra tendieron a pastorear durante menos tiempo y a estar más tiempo descansando y/o rumiando durante las horas luz del día en relación a los animales sin acceso a sombra (Rovira, 2012).

2.4. ESTRATEGIAS PARA ATENUAR EL ESTRÉS TÉRMICO

Cuando los rumiantes aumentan su producción de calor, debido al estrés térmico, tienen cuatro mecanismos para disipar: conducción, convección, radiación y evaporación. La evaporación es el principal mecanismo de pérdida de calor (Blackshaw y Blackshaw, 1994).

Existen varias propuestas para poder atenuar el efecto del estrés calórico en los animales, una muy importante es el acceso a fuentes de agua; el consumo de agua es una de las formas más rápidas y eficientes por las que el animal reduce su temperatura corporal. Durante el verano esta es significativamente aumentada respecto al consumo de invierno (Arias, 2006). Esto concuerda con lo reportado por Balbuena (Con calor... 2017), quien señala que el ganado aumenta entre un 30 y un 60 % el consumo de agua en los meses calurosos. Un vacuno adulto puede consumir entre 41 y 66 litros de agua por día, según la temperatura ambiente sea entre 21 o 32 °C, respectivamente.

Giraud (2003), establece que el consumo de agua provoca una situación de confort al animal, ya que disminuye la temperatura del retículo-rumen, y actúa como vía de regulación térmica bajo la forma de vapor a través del jadeo.

El suministro de agua en verano debe ser abundante, debido a que se incrementa su consumo, a su vez, la calidad debe ser controlada ya que es un factor que limita su ingesta. En cuanto a la temperatura del agua esta no es de mayor importancia si el suministro es mediante flujo “continuo” (Valtorta y Gallardo, 2003).

La dieta del animal tiene efecto sobre la disminución del estrés por calor. Una dieta para esta situación tiene que ser rica en fibras de alta digestibilidad y proteínas de baja degradación ruminal como lo propone Gayo (1998).

Valtorta y Gallardo (1996), establecieron el concepto de dieta fría, y la definen como aquella que genera una alta proporción de nutrientes neto para la síntesis y disminuye el incremento calórico originado durante la fermentación y el metabolismo.

Según Rosso (2004), dietas con alta calidad se caracterizan por producir bajos incrementos térmicos, lo cual permite disponer de una mayor concentración energética por unidad de volumen de forraje ingerido.

Otra estrategia es el acceso a sombra que ha demostrado disminuir el estrés térmico, mejorando la performance del ganado manejado tanto a corral como en pastoreo (Simeone et al., 2010).

Martin (2002), señala que la sombra hace un aporte significativo a reducir el estrés calórico, y más en el caso de trabajar en zonas cálidas con animales de razas europeas como Aberdeen Angus, Hereford u Holando, cuya zona de temperatura confort está entre los 5 y los 20° C.

Saravia (2009) reporta que las temperaturas promedio diarias registradas en las esferas ubicadas al sol, fueron superiores a las ubicadas bajo la sombra artificial. También lo fueron las máximas medias y las máximas absolutas, pero las temperaturas mínimas promedio y las mínimas absolutas fueron similares.

Los árboles o cualquier otra alternativa que produce sombra pueden reducir el calor radiante sobre el animal tanto como un 40% (López Da Silva y Bozzone, 2000).

Souza de Abreu et al. (1999), reportan un efecto positivo de la sombra sobre el CMS, a través de un aumento en las tasas de consumo de las vacas en pastoreo, así como un mayor control del estrés calórico y menores tasas respiratorias.

Según Gregorini et al. (2007), la restricción en el tiempo de acceso a la pastura ha logrado cambios en el comportamiento ingestivo del animal tendientes a compensar el menor tiempo de acceso a la pastura.

La restricción del tiempo en pastoreo junto al acceso a sombra representa una mejora en la ganancia peso de los novillos, este manejo no afecta el consumo de forraje ni la selectividad por las fracciones más nutritivas de la pastura, por lo que la mayor ganancia observada en pastoreo rotativo podría ser explicada por la reducción en el gasto energético de mantenimiento (Beretta et al., 2013).

Mader et al. (2007), proponen alternativas de manejo como evitar el movimiento de los animales; este movimiento para algún tipo de manejo puede incrementar la temperatura corporal entre 0,5 y 3,5 °C, dependiendo esto de varios factores. Por lo tanto, si se debe hacer algún tipo de manejo lo recomendable es hacerlo en horas que no afecten tanto la temperatura corporal del animal.

Giraud (2003), propone otras alternativas además de las ya mencionadas (sombra, acceso agua, dieta), como lo son la ventilación forzada, humedecimiento del animal o sistemas combinados. Estos sistemas no son adecuados para las condiciones que predominan en nuestro país (sistemas pastoriles) por su dificultad de implementación.

En la producción lechera se combina un sistema de aspersores con ventiladores y así lograr pérdida de calor por la evaporación del agua que se encuentra en la superficie del animal, las gotas deben ser lo suficientemente grandes como para llegar al animal y no evaporarse en el aire (Armstrong, 1994)

El uso de biotipos más resistentes al estrés térmico también es una herramienta para la situación estival, debido a que existen diferentes susceptibilidades por el ambiente en el cual evolucionaron (López, 2002).

Se debe seleccionar por crecimiento y adaptabilidad. La diferencia en producción en un ambiente tropical puede ser debido a la adaptabilidad de cada raza. Normalmente se obtiene un mayor progreso en la performance seleccionando por adaptabilidad comparado con una selección directa por performance (Yousef, 1985).

Existen adaptaciones en el ganado Bos Indicus que los hacen más tolerantes a las situaciones de alto ITH, como lo son; mayor tasa de sudoración, piel más gruesa, papada más grande, menos pelos y una diferente distribución de las reservas (Sainz et al., 2017).

Se encontraron evidencias de la variación en la respuesta animal entre biotipos en condiciones de estrés calórico, en donde animales de la raza Brahman, obtuvieron menor temperatura rectal, frecuencia respiratoria y una mayor ganancia de peso diaria en comparación con animales de razas Angus y Hereford en condiciones de estrés por calor (Hammond et al., 1996).

2.5. ACCESO A SOMBRA EN LA PARCELA DE PASTOREO COMO ESTRATEGIA PARA DISMINUIR EL ESTRÉS CALÓRICO DEL ANIMAL

La utilización de sombras artificiales o naturales en la parcela para atenuar el estrés calórico es una estrategia muy efectiva, disminuyendo la radiación que incide sobre la superficie y la temperatura del ambiente, debido a que están alta y positivamente correlacionadas. La temperatura tomada bajo el sol es significativamente mayor a la resultante bajo la sombra, siendo una diferencia de $\pm 5^\circ \text{C}$ (Rovira y Velazco, 2008). Y coincide con lo reportado por Simeone et al. (2010), en donde la temperatura diurna a la sombra de monte de forestación era 9°C menor que al sol (35.5°C vs. 26.4°C), obteniendo valores de ITH diurno promedios menores bajo la sombra (73 vs. 85).

Similares resultados reporta Casanova (2020), en donde el indicador de temperatura y humedad ajustado por la temperatura de globo negro fue significativamente menor en la sombra que en sol ($P < 0,05$), encontrándose las mayores diferencias desde las 12:00 h hasta las 20:00 h, cuando mostró una mejora de 4,5% a la sombra con respecto al sol.

En experimentos realizados en confinamiento, se observó que la sombra dentro de corrales de engorde disminuyó 1°C la temperatura del aire (Barajas et al., 2010).

Los animales con disponibilidad de sombra registraron una frecuencia respiratoria promedio en el día 15% inferior a la registrada en los animales sin sombra (61

y 72 respiraciones por minuto respectivamente, Rovira y Velazco, 2008). Concuerta con lo reportado por Muller et al. (1994), la temperatura corporal y la tasa respiratoria de vacunos sin sombras fueron más altas que los que tenían acceso a sombras.

La sombra natural es una de las más efectivas debido a que disminuye la radiación que llega a los animales y también disminuye la temperatura por la evaporación de las hojas (Saravia y Cruz, 2003). Además, es la alternativa más barata, pero a menudo no está localizada en el lugar correcto o deseado y/o el sobrepastoreo y amontonamiento de los animales puede afectar los árboles (Turner, 2000).

Como alternativa están las sombras artificiales, generalmente hay dos opciones para su construcción: mallas (sombrites) y materiales sólidos (chapas, planchadas), siendo estos últimos más eficientes en la protección solar y de mayor vida útil (Meat and Livestock Australia, 2005). Una ventaja de la sombra artificial es que se la puede hacer móvil para que se pueda llevar al potrero donde se dé el pastoreo y no hacer estructuras para todos los potreros.

El acceso a sombra en la parcela tiene efecto sobre la conducta de los animales. Investigaciones realizadas por Muller et al., (1994), reportaron que vacas sin acceso a sombra pastorearon menos durante el día, estuvieron más tiempo alrededor del bebedero y de forma estática. Esto concuerda con lo reportado por Kendell et al., citado por Rovira (2012), animales con disponibilidad de sombra pueden cambiar su patrón de pastoreo con una actividad más intensa durante la noche.

Se encontraron resultados contradictorios respecto al efecto de la sombra en el desempeño productivo de animales. Simeone et al. (2010), reportaron incrementos en la ganancias de peso en vaquillonas con acceso a sombra de monte (51%), terneros destetados precozmente (11%) y en novillos en confinamiento (20%). Estos resultados se ajustan a lo visto en otros experimentos (Mader et al., 1999, Paul y Turner, 2000, Mitlöhner et al., 2001), sin embargo en otros trabajos no se encontró un efecto claro (Vandenheede et al., 1995; Mader et al., 1999; McDaniel y Roark, citados por Rovira, 2002), y puede deberse a las condiciones experimentales del año, que no fueron lo suficientemente estresantes para producir diferencias en producción.

Sin embargo, Casanova (2020), con novillos pastoreando sorgo forrajero con encierre diurno en las horas de mayor estrés por calor, observó un cambio comportamental en los animales pero que no se vio reflejado en el consumo ni en la ganancia de peso. Rovira (2012), reporta resultados similares en donde a pesar de encontrar mejoras numéricas en ganancia de peso no halló efecto significativo por la disponibilidad de sombra en novillos pastoreando Sudangrass.

La recomendación en el uso de la sombra, para minimizar la radiación sobre el animal es de una superficie de 3,5 a 4,5 m² por animal, con una altura mínima de 3,5 a 4,5

m. La orientación a lo largo es de norte a sur, permitiendo así sombra en la mañana y la tarde (Armstrong, 1994).

Valtorta y Gallardo (2003), agregan que la superficie utilizada como sombra tenga cierta inclinación de forma de impedir la acumulación de agua sobre la misma.

2.6. HIPÓTESIS

Dado condiciones meteorológicas predisponentes al estrés por calor, novillos pastoreando sorgo forrajero al 8% de asignación de forraje en forma rotativa con acceso a sombra en la parcela, mejoran la ganancia de peso vivo respecto a aquellos sin acceso a sombra artificial.

Esta respuesta está mediada por cambios fisiológicos (como la temperatura corporal, frecuencia respiratoria, jadeo) y en el comportamiento animal (como el patrón de actividad, la compensación de pastoreo), mejorando así el termo confort de los animales y la performance animal.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL

El experimento se llevó a cabo en el potrero 3 de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (U.P.I.C) de la Estación Experimental “Dr. Mario Alberto Cassinoni” (E.E.M.A.C.) Facultad de Agronomía (32.5° latitud S, 58° longitud W), Paysandú; Uruguay, durante el periodo comprendido entre el 12 de enero al 23 de marzo de 2021.

3.2. SUELO

El área experimental estuvo localizada sobre suelos de la formación Fray Bentos, Unidad San Manuel, donde dominan los suelos Brunosoles eutrícos típicos (háplicos), asociados se encuentran Brunosoles eutrícos lúvicos y Solonetz solodizado melánico, según Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay escala 1:1.000.000 (MAP. DSF, 1976).

3.3 INFRAESTRUCTURA

Se utilizaron tres instalaciones de sombra móviles del tipo artificial, que al ser móviles permite su uso en el sistema de pastoreo en franjas.

Constituidas con malla sombra sobre un chasis móvil que permitía su apertura o cierre de forma manual.

Las sombras tenían un área de 31 m² (3,15 metros de radio), lo que representa 6 m² de sombra por animal.

3.4. PASTURA

Se utilizaron 20 ha de sorgo forrajero cultivar ADV 2800 (sudangrass), sembrado en directa a 20 kg/ha el 24 de noviembre de 2020, con una fertilización inicial de 100 kg/ha con 18-46/46-0, y no se realizaron aplicaciones siguientes.

Como manejo previo a la siembra se realizó una aplicación de 1 L/ha 2,4D, 0,15 L/ha tordon, 3,5 L/ha glifosato DMA.

Se ingresó a pastorear el sorgo el 5 de enero (42 días post siembra), una semana previa al inicio del periodo experimental, durante la cual los animales fueron acostumbrados al manejo del pastoreo del sorgo. El 12 de enero comenzó el periodo experimental, ingresando con una disponibilidad promedio de 5624 ± 624 kgMS/ha y una altura de 61 ± 4 cm.

3.5. ANIMALES

Se utilizaron treinta novillos de la raza Hereford, nacidos en la primavera 2019, pertenecientes al rodeo de la EEMAC, con un peso promedio al inicio del experimento de $347 \pm 5,5$ kg.

En la semana de acostumbramiento previa al periodo experimental se realizó una revisión de los animales y sanidad completa (Ver anexo No.28).

3.6. TRATAMIENTOS

Los animales fueron sorteados a 6 grupos previamente estratificados por peso vivo, y estos se asignaron al azar a uno de los siguientes tratamientos: pastoreo de sorgo forrajero sin acceso a sombra, o pastoreo de sorgo forrajero con acceso a sombra en la parcela de pastoreo.

Cada tratamiento presentó 3 repeticiones con 5 animales por repetición. Cada repetición pastoreaba una parcela independiente.

3.7. MANEJO

Se realizó pastoreo rotativo en franjas semanales, con una oferta de forraje de 8 kg/100 kg de peso vivo animal, ajustando el tamaño de parcela en base al último peso vivo registrado (mediciones cada 14 días) y a la biomasa de MS total de forraje. Los animales fueron cambiados de franja en la mañana, una vez finalizadas las mediciones realizadas a las 7 am.

Las unidades experimentales se agruparon según tratamiento, de forma que los animales con acceso a sombra pastoreaban parcelas adyacentes, explicado principalmente

por el manejo de la sombra móvil y procurando evitar el sombreado de las franjas linderas que no debían recibir sombra. Las sombras se colocaron alejadas de los bordes de la parcela y a distancia de los bebederos para prevenir la acumulación de barro en dichas zonas. Tanto las sombras móviles como los bebederos se trasladaban a las franjas nuevas, previo al ingreso de los animales.

El pastoreo se realizó sobre sorgo forrajero de primer pastoreo, a excepción de la semana 9, que se reingreso en una zona ya pastoreada en la semana de acostumbramiento previo al inicio del periodo experimental.

3.8. REGISTROS, MEDICIONES Y MUESTREOS

3.8.1 Disponibilidad de materia seca de forraje

La disponibilidad de forraje fue determinada semanalmente en el área que se estimaba que sería utilizada durante los siete días siguientes.

Se utilizó la técnica de doble muestreo de rendimiento comparativo (Haydock y Shaw, 1975). Se marcaron y cortaron dos escalas de tres puntos cada una. Cada muestra de las escalas fueron cortadas al ras de suelo, usando un cuadrado de 30 cm de cada lado. Luego para la determinación de la frecuencia de aparición de cada punto de la escala se tiró al azar 50 veces el cuadrado por parcela individual.

Las muestras de forraje fueron secadas en estufa hasta peso constante, registrándose el peso fresco previo al ingreso a la estufa y el peso seco posterior.

3.8.2 Altura de forraje disponible

La altura de forraje fue registrada en 5 puntos de la diagonal del cuadrado usado para determinar la biomasa de forraje disponible. Adicionalmente también fue registrada la altura en cada uno de los cuadrados lanzados para determinar la frecuencia de aparición de los puntos de la escala. La altura se determinó con una regla milimetrada, registrando el punto de la hoja viva más alta que toca la regla.

3.8.3 Peso vivo

Los animales fueron pesados al inicio del periodo experimental y cada 14 días. Se los encerró al final de la tarde con previo registro del peso vivo lleno, y al día siguiente por la mañana se los pesó nuevamente luego de un ayuno de 12 horas sin acceso a agua. Fueron pesados con una balanza electrónica sin orden de ingreso predeterminado, mezclados todos los tratamientos. Al inicio y fin del periodo experimental se registró la altura de anca.

3.8.4 Patrón de comportamiento ingestivo y de defoliación

En las semanas 2, 6, 9, durante los días 2 y 6 de cada semana, se caracterizó el comportamiento animal mediante la observación visual, registrando las actividades de pastoreo, rumia, descanso en ambos casos identificando si estaba echado o parado y además la frecuencia con que los animales utilizaban la sombra. Estas observaciones se realizaron en tres animales por parcela (seleccionados en forma aleatoria al comienzo del experimento) cada 10 minutos en el periodo de horas de luz. La tasa de bocado fue medida durante la primera sesión de pastoreo en la mañana y en la tarde, registrando el número de bocados de prehensión realizados en un minuto.

La última semana de comportamiento, originalmente planificada para la semana 10 (17/3 al 23/3) se adelantó en función del pronóstico del tiempo, buscando caracterizar el comportamiento en presencia de estrés térmico.

Durante las mismas semanas, se registró la altura de forraje al ingreso a la franja, y diariamente al finalizar el periodo de horas de luz y a la mañana siguiente. Estas mediciones se realizaron en 50 puntos por parcela.

3.8.5 Caracterización del forraje ofrecido y consumido

En las semanas de registro de comportamiento ingestivo las muestras de escala cortadas del forraje ofrecido se pesaron en fresco y una sub-muestra del 50% fue secada en estufa para la determinación del porcentaje de MS. El 50% restante de la muestra se utilizó para la caracterización en fresco de la composición botánica, separando las fracciones de sorgo, malezas y restos secos. Sobre las de planta de sorgo se separaron las hojas, tallos e inflorescencias. Dichas fracciones se pesaron en fresco y posteriormente fueron secadas en estufa hasta peso constante, registrando así el peso seco para caracterizar la contribución relativa de cada componente.

Para la caracterización del forraje consumido, se tomaron muestras del forraje consumido mediante la técnica de hand-clipping y las mismas fueron procesadas de igual forma que se describió para el forraje ofrecido.

3.8.6 Indicadores fisiológicos de estrés por calor

Los indicadores se midieron en las semanas 2, 4, 6, 8, 9, (días 2 y 5 dentro de cada semana) en función del pronóstico del tiempo, buscando caracterizar los mismos en presencia de estrés térmico. El objetivo fue que estas determinaciones coincidan con días termo neutros ($ITH < 74$) y días calurosos ($ITH > 74$) (Mader et al., 2002).

Todos los animales fueron trasladados a corrales de encierro próximos al área de pastoreo en el horario de las 10 y 14 horas, donde se realizaron tres mediciones.

La frecuencia respiratoria fue medida a través del número de movimientos del flanco observados en 60 segundos, y expresada como respiraciones por minuto. Junto a la frecuencia respiratoria se evaluó el score de jadeo por apreciación visual (Mader et al., 2002). Esta variable se valora en una escala del 0 al 4,5 (0 no se registra jadeo, 1 leve aumento de la frecuencia respiratoria, 2 moderado aumento de la tasa respiratoria y salivación y/o boca abierta, 3 elevado aumento de la tasa respiratoria y salivación y/o boca abierta y/o lengua afuera) a partir de los movimientos del flanco del animal, junto al patrón respiratorio y la escala de score de jadeo.

Por último se registró la temperatura rectal insertando un termómetro digital por el recto del animal por el tiempo necesario, expresando la variable en grados celsius. No se realizó limpieza del recto previo a la medición.

Cuando los animales estaban en la parcela se registraba el score de jadeo cada una hora en los animales observados para comportamiento dentro de las semanas y días mencionadas en el primer párrafo.

3.8.7 Registros meteorológicos

Los registros de temperatura en °C, humedad del aire en porcentaje, velocidad del viento en m/s y radiación solar en w/m^2 se tomaron de la estación meteorológica de la EEMAC (Modelo Vantage Pro 2, Davis Instruments, CA, 2007). A su vez se instalaron 2 esferas de Vernon o globos negros con sensores button (Dallas, TX) (Berbigier, 1988), ubicadas una al sol y otra bajo la sombra móvil, ambas a una altura de 3 metros., que

registraban datos de temperatura cada media hora. Estos datos eran descargados cada 45 días. Los registros meteorológicos permitieron estimar el ITH (Valtorta y Gallardo, 1996) y HLI (Gaughan et al., 2008).

3.9 VARIABLES CALCULADAS

3.9.1 Ganancia media diaria

Se calculó para cada parcela a partir de la regresión lineal del peso vivo en los días experimentales, resultando la misma de la pendiente de dicha ecuación.

3.9.2 Utilización de pastura

La utilización del forraje se estimó todas las semanas en cada parcela, a partir del forraje desaparecido, estimado como la diferencia entre el disponible y el rechazado, y expresado como porcentaje de disponibilidad inicial.

El forraje disponible y el rechazado fue estimado mediante la técnica de doble muestreo ya descrita, muestreando 50 veces con el cuadrado por parcela individual y registrando la altura.

3.9.3 Índices estrés calórico

El ITH fue calculado como: $(1,8T+32)-(0,55-0,55 \text{ HR}/100) (1,8T-26)$. Donde T es la temperatura en °C, HR es la humedad relativa en %.

El índice de carga calórica se calculó dependiendo de la temperatura del globo negro.

Cuando la temperatura del globo negro fue mayor a 25°C se usa la formula $HLI= 8,62 + (0,38 \times HR) + (1,55 \times GNT) - (0,5 \times V) + e (2,4- V)$, y cuando la temperatura es menor a 25°C se usa $HLI= 10,66 + (0,28 \times HR) + (1,3 \times GNT) - V$. Donde HR es humedad relativa, GNT es temperatura del globo negro y V es velocidad del viento.

3.10 ANÁLISIS QUÍMICOS

Las muestras secas de disponibilidad y hand clipping fueron molidas hasta un tamaño aproximado de 2 mm.

Se realizaron dos muestras compuestas, una de disponibilidad inicial y otra de hand-clipping por franja, las cuales fueron enviadas al laboratorio de nutrición animal de la Facultad de Agronomía donde se determinaron las fracciones materia seca, cenizas, proteína cruda según los métodos analíticos recomendados por la AOAC (1990, 2007). La fibra detergente neutra con amilasa y corregido por cenizas, la fibra detergente ácida corregida por cenizas fueron determinados según lo descrito por Goering y Van Soest (1970).

3.11 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

El experimento fue analizado según un diseño de parcelas al azar (2 tratamientos con 3 repeticiones por tratamiento) con medidas repetidas en el tiempo. Las variables: ganancia del peso vivo (GMD), peso vivo (PV), fueron analizadas utilizando el procedimiento GLM de SAS; el mismo utiliza el método de mínimos cuadrados para ajustar modelos lineales generales. La GMD se calculó para cada parcela a partir de la regresión lineal del peso vivo en los días experimentales, resultando la misma de la pendiente de dicha ecuación.

Para todas estas variables se utilizó el mismo modelo general:

$$Y_{ij} = \mu + S_i + b_1x_1 + e_{ij}$$

Donde,

Y_{ij} : peso vivo, ganancia diaria.

μ : media general

S_i : efecto de la sombra

b_1x_1 : peso vivo al inicio.

e_{ij} error experimental

El efecto de los tratamientos sobre las variables con medidas repetidas en el tiempo como las registradas en la pastura (disponibilidad, rechazo, alturas, porcentajes de utilización) y en el animal (tasa de bocado, patrón de defoliación y frecuencia respiratoria), fue estudiado mediante el procedimiento Mixed de SAS, de acuerdo al siguiente modelo lineal general:

$$Y_{ijkl} = \mu + S_i + \psi_j + (S\psi)_{ij} + \delta_k(\psi_j) + \epsilon_{ijkl}$$

Donde,

Y_{ijkl} : variable de respuesta

μ : media general

S_i : efecto del i-ésimo tratamiento de sombra

ψ_j : efecto del j-ésimo período (semana)

$(S\psi)_{ij}$: interacción entre efecto sombra y período

$\delta_l(\psi_k)$: efecto del l-ésimo día dentro de cada semana

ϵ_{ijkl} : error experimental

El efecto de los tratamientos sobre las variables relacionadas al comportamiento ingestivo (expresado como la probabilidad de hallar un animal pastoreando, rumiando o descansando, así como el acceso a la sombra) y al patrón de defoliación fueron analizadas utilizando el procedimiento GLIMMIX de SAS, modelo lineal generalizado mixto de medidas repetidas en el tiempo con la siguiente fórmula general:

$$\text{Ln}(p_{ijkl} / (1 - p_{ijkl})) = \mu + S_i + \psi_j + (S_i)\psi_j + \delta_k(\psi_j)$$

Donde,

p_{ijk} : probabilidad de pastoreo, rumia, descanso o patrón de pastoreo

μ : media general

S_i : efecto de la sombra

Ψ_j : efecto del j-ésima semana

$(S_i)\psi_j$: interacción entre efecto de la sombra y semana

$\delta_k(\psi_j)$: efecto del k-ésimo día dentro de cada semana

En todos los casos, las medias de los efectos significativos fueron comparadas usando pruebas Tukey; un efecto fue considerado significativo cuando la probabilidad de error tipo I fue menor a 5 %.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 REGISTROS METEOROLÓGICOS

En el cuadro No. 4 se muestran la temperatura del aire máximas y mínimas promedio, humedad relativa promedio mensual, las precipitaciones de cada mes y además el ITH promedio mensual, junto al HLI al sol y a la sombra del periodo experimental.

Cuadro No. 4: Temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa, precipitaciones, ITH, HLI al sol y a la sombra de verano 2021.

	Enero	Febrero	Marzo
Temperatura media (°C)	24,84	23,10	21,35
Temperatura máxima media (°C)	31,4	29,2	26,7
Temperatura mínima media (°C)	18,6	17,9	16,4
Humedad relativa (%)	62,56	69,78	76,80
Precipitaciones (mm)	116,4	38,6	121,4
HLI sol	76	71	74
HLI sombra	72	67	67
ITH	72,1	70,5	69,3

Fuente: Estación Meteorológica EEMAC y datos de esferas de Vernon.

Estos datos se compararon con los registros de temperatura, humedad y precipitaciones de una serie histórica de 30 años para la zona (INUMET, 1991) y se pudo observar que en cuanto a temperatura media el mes de enero se situó en el promedio histórico mientras que los meses de febrero y marzo se encontraron 0,6 y 0,25°C por debajo de los promedios respectivamente. Las temperaturas máximas en todo el periodo fueron también menores al promedio siendo las diferencias de 0,1, 0,8 y 0,9 °C respectivamente. En cuanto a las temperaturas mínimas, estas se situaron por encima del promedio histórico en los meses de enero y marzo en 0,3 y 0,7°C mientras que en febrero estuvieron 0,3 °C por debajo. En referencia a la humedad fue inferior al promedio histórico en enero y febrero en un 2,5 y 1 %, y superior en marzo en 5%.

En función de la temperatura y la humedad máximas registradas durante el período de ensayo es altamente probable que los animales sufrieran estrés térmico en algún momento del día. Según Valtorta y Gallardo (2003), con temperaturas superiores a los 25°C y humedad relativa superior a 60%, el ambiente es estresante para los animales. Se observó que a medida que fue avanzando el experimento el potencial estresante del

ambiente fue disminuyendo. Es así que en enero se registraron 15 días (48%) con temperaturas promedio por encima de los 25° C, en febrero 5 días (18%) y en marzo 3 días (10%), pero al considerar los días con temperaturas máximas superiores a 25° C, se registraron en enero 29 días (94%), en febrero 26 días (93%) y en marzo 18 días (64%) (Anexo No. 3).

El indicador de condiciones ambientales predisponentes al estrés calórico (ITH), calculado en base a las temperaturas y humedad relativa promedio diaria, mostró que para el mes de enero el nivel de riesgo fue moderado (ITH 72.1). Para los meses de febrero y marzo este índice dio un nivel promedio sin estrés por calor, siendo de (70.5) y (69.3) respectivamente (Johnson, citado por Cruz y Saravia, 2008).

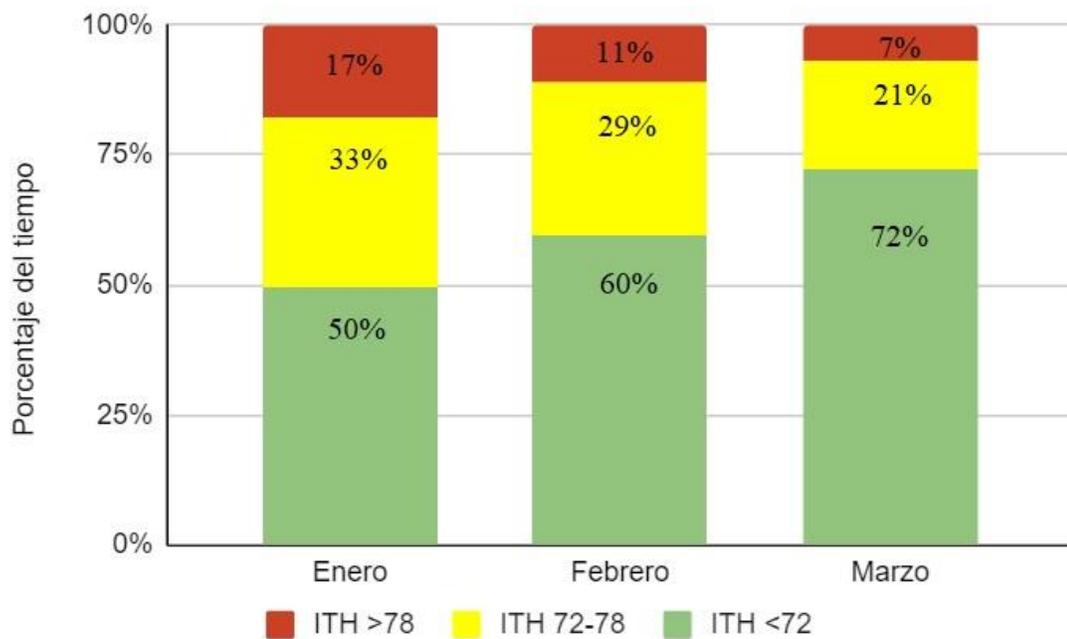


Figura No. 2: Evolución mensual del ITH promedio diario (Porcentaje de días con rangos de ITH).

En la figura No. 2 se observa la evolución del índice calculado durante el periodo experimental, pudiéndose afirmar que el ambiente generó estrés térmico en algún momento del tiempo sobre los animales, siendo en enero cuando se registró el mayor porcentaje del tiempo; 17% de los días con estrés alto y 33% de los días con estrés moderado. El porcentaje de días con nivel de estrés moderado y alto disminuyó durante el transcurso del experimento.

Sin embargo los datos presentados anteriormente son datos promedios diarios, por lo que toman valores diurnos y nocturnos. Pero al ver la evolución del índice ITH con datos de temperatura y humedad en las horas diurnas (de 7hs hasta las 19hs) en el siguiente cuadro, se observó que son ampliamente mayores, llegando en varias oportunidades a valores de estrés medio ($ITH > 72$) y severo ($ITH > 80$) (Johnson, citado por Cruz y Saravia, 2008).

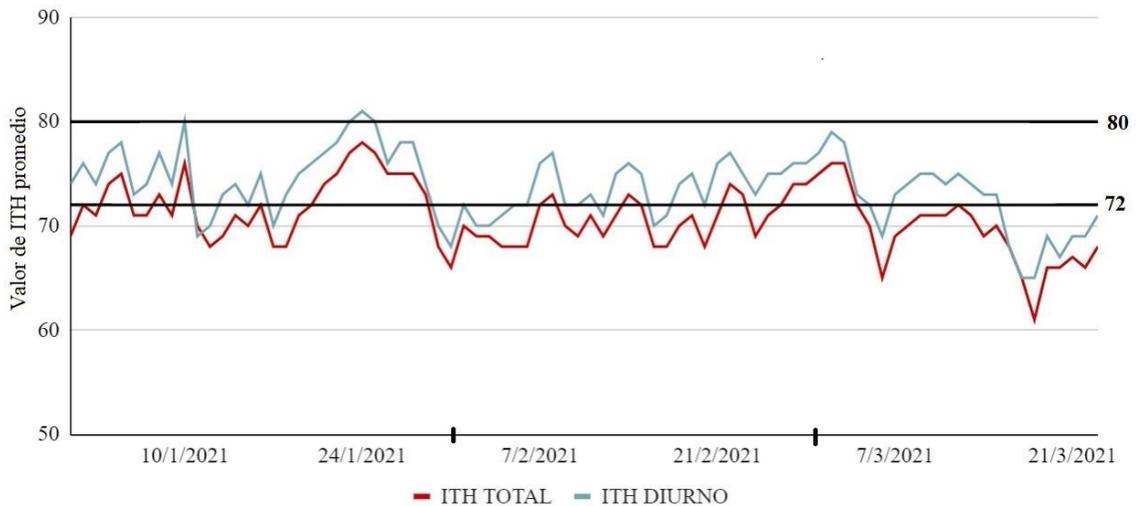
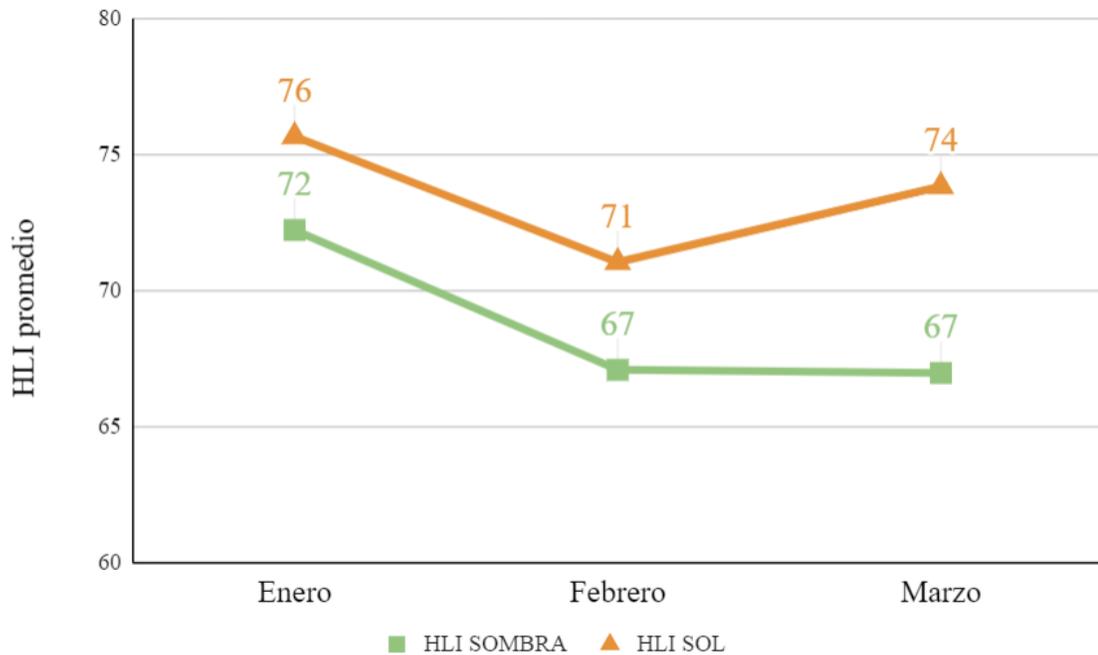


Figura No. 3: Evolución del Índice de temperatura y humedad (ITH), calculado con datos promedios diarios y con datos promedios diurnos

Si tomamos en cuenta los valores de ITH calculados en base a los datos diurnos, el promedio de ITH para el mes de enero determino un nivel de riesgo moderado ($ITH 75$, con valor máximo de 81 y un valor mínimo de 69), pero a diferencia de los datos totales diarios, los meses de febrero y marzo también presentaron niveles de riesgo moderado (ITH febrero $73,5$, con un máximo de 77 y un mínimo de 70 e ITH marzo 72 , con un máximo de 79 y un mínimo de 65).

Por otro lado, el índice HLI muestra que la carga calórica estimada para animales con acceso a sombra fue siempre menor con relación a la registrada al sol (Figura No. 4).



Dónde: HLI sombra es el índice de carga calórica promedio diario medido en la sombra, HLI sol es el índice de carga calórica promedio diario medido al sol.

Figura No. 4: HLI mensual para cada tratamiento.

El promedio diario de todo el experimento en cuanto al HLI fue; al sol de 73 ± 6 y a la sombra de 68 ± 6 . Se puede llegar a la conclusión que la sombra generó siempre un ambiente termo neutral (menor a 70), mientras que el HLI al sol generó durante todo el verano condiciones cálidas (entre 70-77) (Gaughan et al., 2008).

A su vez cuando vemos el HLI calculado en base a los datos promedios diurnos, observamos un aumento notorio de los valores promedios, en donde los valores de HLI a la sombra durante el verano estuvieron en condiciones de termoneutralidad ($HLI > 70$) o de calor ($HLI > 77$) y los valores de HLI al sol estuvieron en condiciones de calor y de mucho calor ($HLI > 86$) (Gaughan et al., 2008). En la figura No. 5 se presenta la evolución del HLI, calculado en base a datos promedios diurnos.



Figura No. 5: Evolución del índice de carga calórica (HLI), en base a datos promedios diarios

Si tomamos en cuenta los valores de HLI calculados en base a los datos diarios, el promedio de HLI a la sombra para el mes de enero (HLI enero 79) determino condiciones de calor, mientras que para los meses de febrero (HLI 76) y marzo (HLI 77) condiciones cálidas. Mientras que el promedio de HLI al sol, determino para el mes de enero (HLI 86) y marzo (HLI 86) condiciones de mucho calor, pero en el mes de febrero (HLI 83) condiciones de calor.

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LA BASE FORRAJERA

En el cuadro No. 5, se presenta el efecto del acceso a la sombra de novillos pastoreando sorgo forrajero y de la semana de muestreo sobre la biomasa disponible, residual y la altura de las mismas, junto al porcentaje de utilización. (Promedio periodo experimental, primer pastoreo. 12/1 a 23/3).

Cuadro No. 5: Principales características del sorgo forrajero para ambos tratamientos en cuanto al forraje ofrecido, remanente y la utilización. Efecto de los tratamientos, de la semana y su interacción sobre las características.

	Tratamiento		Efecto (P-valor)		
	Con sombra	Sin sombra	T	S	T×S
Biomasa disponible pre pastoreo (kg MS/ha)	10150	11303	+	**	**
Altura (cm)	115	123,5	ns	**	**
Biomasa remanente (kg MS/ha)	5185,9	6198,7	+	**	**
Altura (cm)	50,6	58	ns	**	**
Utilización (%)	51,8	48,6	ns	**	ns

T: Efecto del tratamiento. S: Efecto de la semana. TxS: efecto del tratamiento por la semana.

**($P < 0,01$), *($P < 0,05$), +($P < 0,10$), ns ($P > 0,10$).

Se observa en el cuadro anterior, para todos los componentes de la pastura diferencias significativas entre semanas y en la interacción entre tratamiento por semana ($P < 0,01$).

Cuando vemos los componentes de biomasa disponible y remanente, expresados como kg MS/ha, vemos una leve tendencia entre tratamientos, sin embargo no llegó a ser significativa ($P < 0,10$). La diferencia en biomasa disponible fue de 1153 kg MS/ha a favor del tratamiento sin acceso a sombra y cuando vemos la biomasa remanente fue 1013 kg MS/ha mayor para el mismo tratamiento. Por lo que cuando vemos el porcentaje de utilización del forraje no vemos diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0,10$).

En la figura No. 6 se muestra la evolución semanal del forraje disponible para ambos tratamientos, para el periodo experimental.

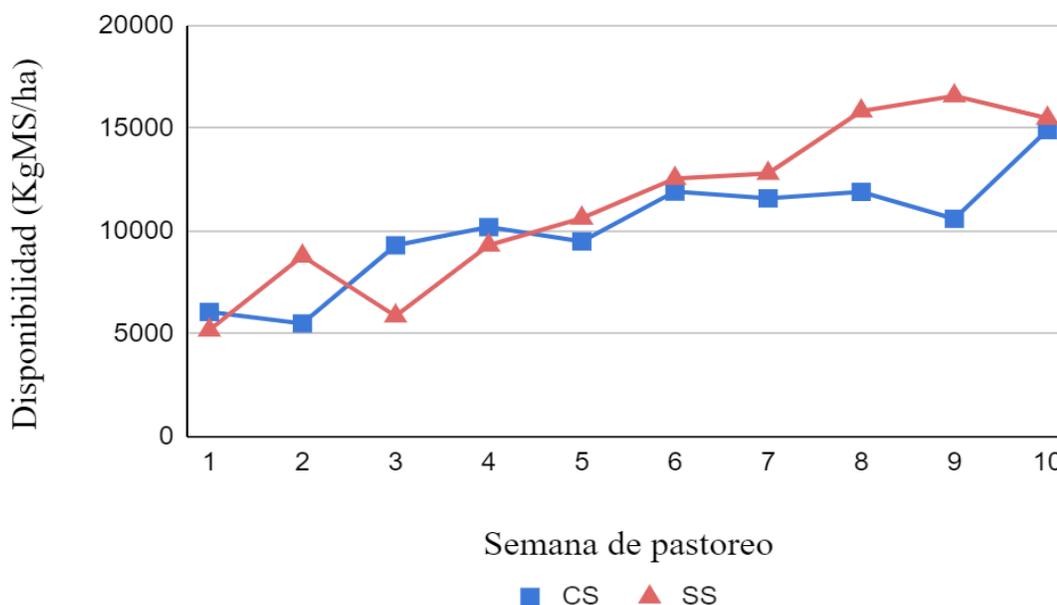


Figura No. 6: Evolución semanal de la disponibilidad de forraje al ingresar a una franja de pastoreo en los tratamientos con (CS) o sin (SS) sombra.

La biomasa de forraje ofrecido promedio para todo el período fue de 10720 kg MS/ha, siendo un valor similar a los encontrados en otros trabajos para sorgos híbridos (10,5 ton/ha, Artola y Carámbula, 1978; 11 ton/ha, ENC INIA, 2019). No existieron diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0,05$), sin embargo en el transcurso del periodo experimental se registraron diferencias puntuales en las semanas 8 y 9 ($T \times S$ $P < 0,01$) asociada a la heterogeneidad natural de la pastura (Figura No. 4). De igual manera, la altura promedio fue de 119 cm, sin diferencias estadísticas entre tratamientos ($P > 0,05$), pero varió significativamente entre semanas de muestreo ($P < 0,01$). Para ambas variables el efecto semana fue dependiente del tratamiento ($T \times S$, $P < 0,01$).

La composición química del forraje ofrecido, se presenta como porcentaje de materia seca para sus componentes: cenizas 11,5; proteína cruda 9,6; fibra detergente neutro 57; fibra detergente ácido 27,6 y EM 2,25 Mcal/kg.

En relación a esta composición química, comparada con los valores presentados por Casanova (2020) de sorgo forrajero en el verano 2020 mostró menor contenido porcentual de cenizas (11,5 vs. 13), FDN (57 vs. 62,6) y similar EM (2,25 Mcal/kg), mientras que un mayor contenido de PC (9,6 vs. 8,9). Sin embargo se registraron valores similares tanto de cenizas (11,9) como FDA (33,3) cuando comparamos con datos reportados por INIA (2021) (Ver cuadro No. 2).

La composición botánica del forraje ofrecido comenzó en el periodo experimental con valores similares de porcentaje de tallo y hoja, pero luego se observó una clara tendencia de disminución de la relación hoja/tallo a medida que avanzaban las semanas experimentales. Esto concuerda con lo ya mencionado por Carámbula (1997), en donde las plantas al pasar de estado vegetativo a reproductivo, la proporción de hojas disminuye y aumenta la proporción de tallos e inflorescencias en forma progresiva. En el cuadro No. 6 se presenta la evolución de la composición botánica del forraje ofrecido.

Cuadro No. 6: Evolución de la composición botánica del forraje ofrecido.

Composición botánica (%MS)	Semana 2	Semana 6	Semana 9
Tallo	45,3	51,8	56,9
Hoja	45,1	32,8	31
Restos secos	9,5	15,3	12

El forraje remanente tuvo un comportamiento similar al ofrecido, en donde tanto la biomasa como la altura promedio no fueron afectadas por los tratamientos, sin embargo en las semanas 8 y 9 se vieron diferencias significativas ($P < .01$) (como se observa en la figura No. 4) explicadas por las diferencias en cuanto a disponibilidad entre tratamientos para dichas semanas.

La utilización del forraje fue afectada significativamente por las semanas de muestreo ($P < .01$) y no se observó efecto de tratamiento ($P = 0,36$) en la figura No. 7 se presenta la evolución semanal.

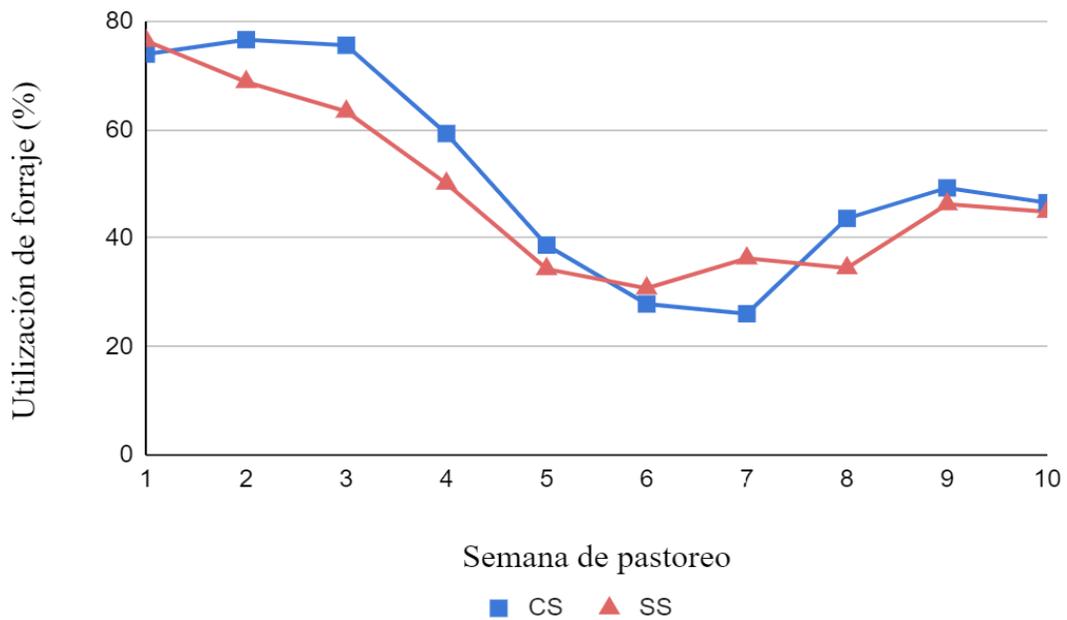


Figura No. 7: Evolución de la utilización de forraje semanal.

Como se observa en la figura las primeras tres semanas del periodo experimental presentaron elevadas utilidades explicadas por una restricción en la oferta de forraje efectiva. Concuera con lo expresado por Lombardo (2012), en donde al restringir la oferta de forraje a los animales fue posible cosechar más del 60% del material vivo.

Rovira (2012) publicó un trabajo de novillos pastoreando sudangrass con y sin acceso a sombra el cual de igual manera concluyó que la disponibilidad de sombra con libre acceso en el potrero no afectó la utilización del forraje.

A su vez el encañado del verdeo género en una disminución en la utilización, tal como se observa en la evolución de la utilización (Figura No. 7). Esto concuerda con lo visto en la evolución de la composición botánica (Ver cuadro No. 6), en donde a medida que avanzó el periodo experimental, aumentó el porcentaje de tallo y disminuyó el porcentaje de hoja, en la caracterización del forraje ofrecido.

La composición química del forraje consumido, a partir de las muestras elaboradas de hand clipping, se presentan en base seca y no se observó diferencias significativas entre tratamientos con acceso a sombra y sin acceso, para ninguno de los componentes; Cenizas (11,6 vs. 11,1), Proteína cruda (7 vs. 6,4), FDN (65 vs. 65,5), FDA (33,8 vs. 34,5). Esto indicaría que no se dio una selección por parte del animal hacia las fracciones de mayor calidad por tener acceso libre a la sombra y presentar un mayor bienestar animal.

4.3 COMPORTAMIENTO ANIMAL

4.3.1 Tiempo de acceso a la sombra

En el cuadro No. 7 se presenta el tiempo de acceso a la sombra en las semanas de evaluación del comportamiento expresado como el porcentaje del tiempo de observación y comparados con los indicadores de estrés térmico en las mismas fechas.

Cuadro No. 7: Utilización de la sombra según semana de medición, expresado como porcentaje del tiempo total diurno y valores promedios para cada semana de índice de temperatura-humedad (ITH) e índice de carga calórica (HLI).

	Semana		
	2	6	9
Acceso a sombra	39	22	21
HLI sol	78 ±8	71 ±10	78 ±6
HLI sombra	75 ±9	66 ±8	68 ±7
ITH	75 ±5	71 ±6	70 ±5

Se puede observar la clara tendencia de los animales a utilizar mayormente la sombra conforme aumentan los indicadores ambientales de estrés térmico. Esta respuesta coincide con lo expuesto por Giraudo (2003), que señala que la disminución de las horas de pastoreo en el verano está ligada estrechamente a la temperatura, determinando la búsqueda de sombra.

Cuando se analizó la utilización de la sombra en los tres periodos horarios se observó que la mayor utilización se dio en el horario de 11-15 debido al mayor índice de carga calórica, en los momentos que el HLI es menor los animales aprovechan a pastorear y desplazan este comportamientos a otros momentos del día como un pastoreo más nocturno.

Según Kendall et al. (2006) animales con disponibilidad de sombra pueden cambiar su patrón de pastoreo con una actividad más intensa durante la noche.

En el siguiente cuadro se presenta la información de la frecuencia con la que se utilizó la sombra en los rangos de horarios establecidos y los valores de indicadores de estrés térmico.

Cuadro No. 8: Frecuencia de utilización de la sombra y valores promedios de índice de temperatura-humedad (ITH) e índice de carga calórica (HLI), según periodo dentro del día.

	Periodo del dia		
	7-11 hs	11-15 hs	15-19 hs
Acceso a sombra	12	16	8
HLI sombra	73	84	77
HLI sol	76	96	86
ITH	70	79	74

En cuanto al comportamiento se puede observar que el acceso a sombra coincide con el mayor tiempo de rumia y descanso, que a su vez se dan los niveles máximos para los índices. (Ver anexo No. 29).

4.3.2 Tiempo pastoreo, rumia y descanso

El comportamiento animal en pastoreo fue evaluado como la probabilidad de hallar un animal realizando determinada actividad, durante el periodo de horas luz (entre las 7 hs y las 19hs) que el animal dedicó a las actividades de pastoreo, rumia y descanso. En función de ello el cuadro No. 9 presenta el porcentaje de tiempo dedicado a cada actividad según el tratamiento de los animales para todo el periodo experimental.

Cuadro No. 9: Tiempo dedicado a cada actividad, expresado como porcentaje respecto al tiempo total.

	Tratamiento		T	PR > F	
	Con sombra	Sin sombra		S	TxS
Pastoreo	48	51	ns	**	ns
Rumia	23	20	ns	**	ns
Descanso total ¹	28	26	ns	**	ns
Consumo agua	1	2	**	**	*

¹ toma en cuenta el descanso parado y echado.

T: Efecto del tratamiento. S: Efecto de la semana. TxS: efecto del tratamiento por la semana.

** (P<0,01), *(P<0,05), +(P<0,10), ns(P>0,10).

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en tiempo de pastoreo, rumia y descanso total. Únicamente se observó que el tiempo destinado a consumo de agua fue significativamente mayor en los animales del tratamiento sin acceso a sombra en la parcela.

En cuanto al tiempo de descanso total no se encontraron diferencias significativas según tratamiento, pero sí se encontró diferencias en la forma que realizaban la actividad de descanso ($P < 0.01$). Los animales en el tratamiento con acceso a sombra realizaron el 68% de la actividad de descanso de forma echada, en comparación con los animales sin acceso a sombra que la realizaron de esta forma únicamente el 47% del tiempo.

El efecto semana fue significativo para todos los casos, por lo que el comportamiento vario según la semana de medición siendo este un efecto independiente del tratamiento. En el cuadro No. 10 se presenta la proporción de tiempo dedicado a cada actividad, expresado como el tiempo total, para cada semana de medición de comportamiento.

Cuadro No. 10: Proporción de tiempo dedicado a cada actividad, para cada semana, expresado como porcentaje del tiempo total.

	Semana 2	Semana 6	Semana 9	PR > F
Pastoreo	35 c	53 b	61 a	**
Rumia	26 a	20 b	17 b	**
Descanso total ¹	38 a	24 b	20 c	**
Consumo agua	1 b	3 a	2 b	**

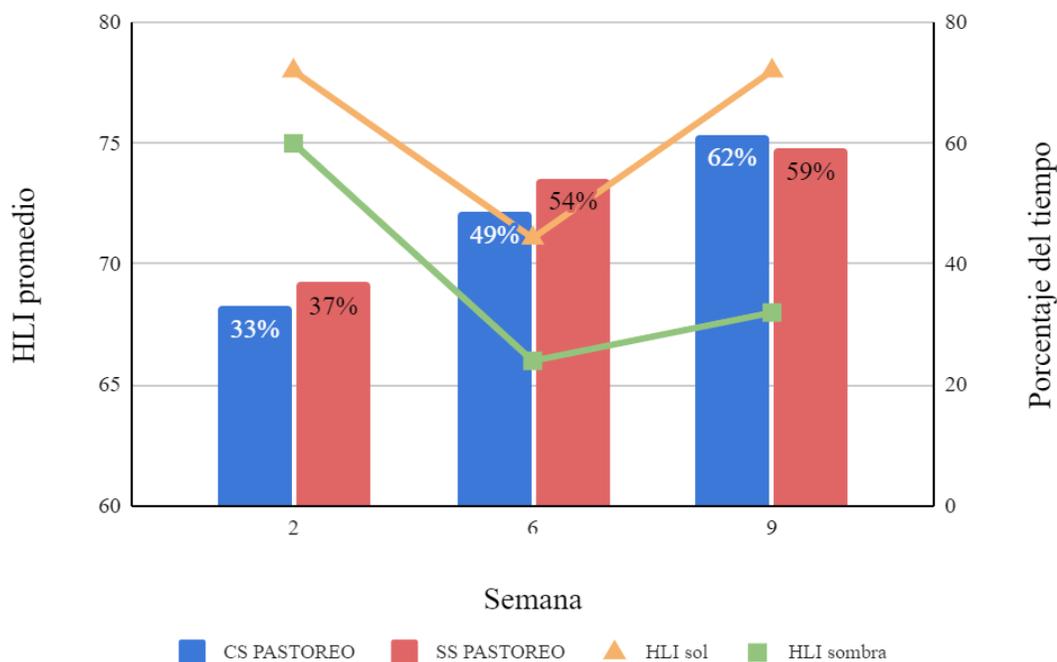
¹ toma en cuenta el descanso parado y echado.

Medias seguidas por distintas letras en la fila difieren estadísticamente ($P < 0.05$)

**($P < 0,01$).

Esto nos dice el efecto que las condiciones ambientales tuvieron en el comportamiento animal, el tiempo destinado al descanso total así como la rumia fueron mayores en las primeras semanas, lo que coincide con los niveles elevados de HLI.

El descanso de los animales fue mayor en las semanas de mayor estrés térmico, a medida que el estrés disminuyó también lo hizo el tiempo destinado al descanso, lo mismo sucedió con el tiempo de rumia. La figura No. 8 presenta la proporción del tiempo destinado a pastoreo y la evolución del índice de carga calórica (HLI).



Dónde: CS pastoreo es el porcentaje del tiempo dedicado al pastoreo de los animales en el tratamiento con acceso a sombra, SS pastoreo es el porcentaje del tiempo dedicado al pastoreo de los animales en el tratamiento sin acceso a sombra, HLI sombra es el índice de carga calórica promedio medido en la sombra y HLI sol es el índice de carga calórica promedio medido al sol.

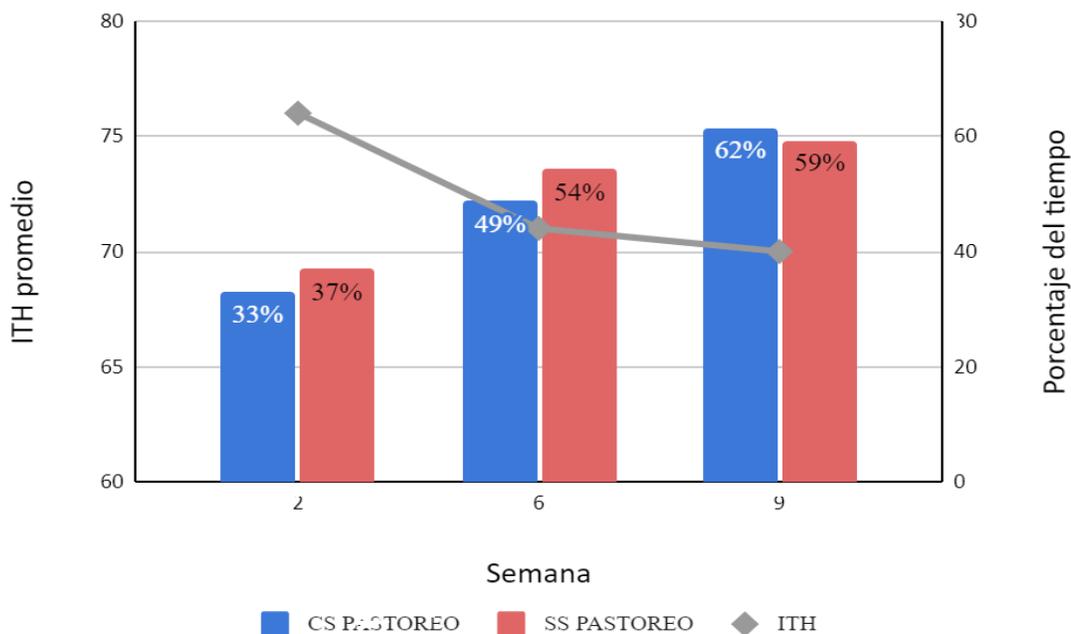
Figura No. 8: Porcentaje del tiempo dedicado a pastoreo y evolución del índice de carga calórica (HLI).

En las semanas 2 y 9, se registró un aumento en el HLI, determinando condiciones de calor para los animales (HLI entre 77,1 y 86), mientras que en la semana 6 se encontraron valores similares a los promedios del experimento, generando condiciones de calidad para los animales (HLI entre 70 y 77).

El tiempo de pastoreo presentó una tendencia a tener una evolución inversa al HLI, por lo que a medida que disminuyó el HLI, aumentó el tiempo que los animales le dedicaron al pastoreo, pero esto no fue observado en la semana 9. En esta semana, a pesar del aumento en las condiciones de estrés la actividad de pastoreo se mantuvo elevada, independientemente del acceso o no a la sombra, por lo que los animales con acceso a sombra tendieron a pastorear más y en horas de menor estrés como lo muestra la figura No. 6.

En la semana 9 se ve un aumento del índice HLI calculado al sol debido las altas humedades y el aumento de calor en ciertos días que elevaron el promedio de la semana, pero en el periodo de la noche estos valores no fueron elevados y le daba la oportunidad a los animales a recuperarse del estrés, como reporta Valtorta et al. (2002).

En la figura No. 9 se presenta la proporción del tiempo destinado a pastoreo y la evolución del índice de temperatura y humedad (ITH).



Dónde: CS pastoreo es el porcentaje del tiempo dedicado al pastoreo de los animales en el tratamiento con acceso a sombra, SS pastoreo es el porcentaje del tiempo dedicado al pastoreo de los animales en el tratamiento sin acceso a sombra y ITH es el índice de temperatura-humedad.

Figura No. 9: Evolución semanal del tiempo dedicado a pastoreo de sorgo forrajero en novillos (CS), (SS) y del índice de temperatura y humedad (ITH).

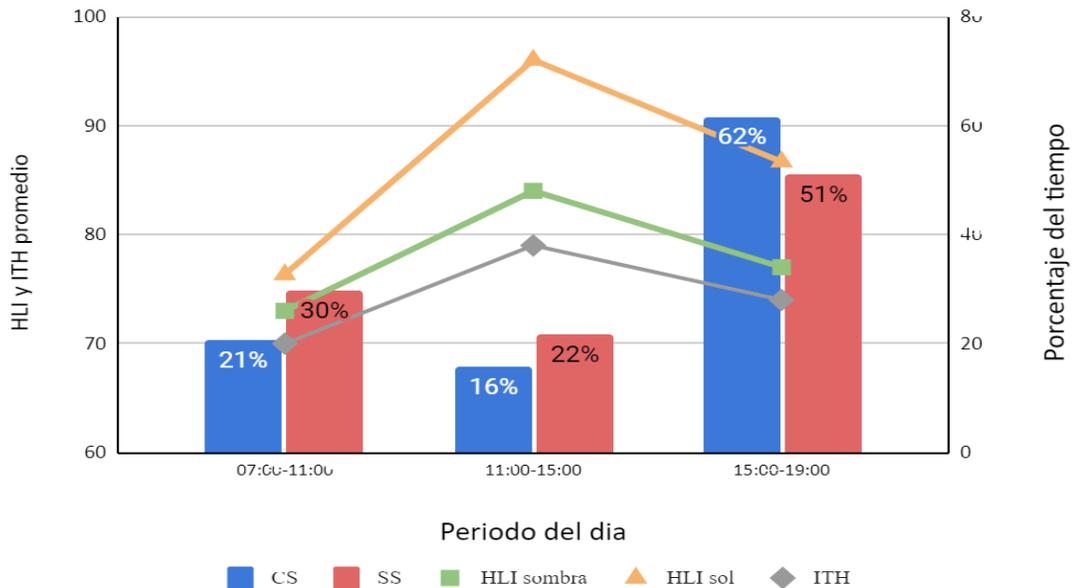
El tiempo de pastoreo presentó una evolución inversa al ITH, por lo que a mayores niveles de ITH el porcentaje de pastoreo disminuyó para ambos tratamientos. Sin embargo no se ven diferencias significativas entre tratamientos según la semana de medición.

Rovira (2012) en un experimento realizado en verano, registró que el pastoreo representó un 62 y 54 % del tiempo total para animales sin sombra, y con sombra, respectivamente, mientras que McDaniel y Roark, citados por Rovira (2002), reportaron que animales con disponibilidad de sombra, ya sea natural o artificial, pasaron más horas pastoreando durante el día comparado con aquéllos sin acceso a sombra. Sin embargo, la diferencia no fue significativa y la similitud en producción entre los diferentes tratamientos la atribuyeron a la influencia del pastoreo nocturno.

4.3.3 Patrón diurno de pastoreo

Se evaluaron tres periodos del día (7:00 a 11:00, 11:00 a 15:00 y 15:00 a 19:00 horas), durante tres semanas de mediciones de comportamiento animal, realizadas durante el periodo experimental.

El patrón de pastoreo diurno no se vio afectado por los tratamientos sino que fue más afectado por el efecto semana, probablemente debido a las condiciones ambientales de dichas semanas. A medida que el HLI disminuyó, el período destinado a la actividad de pastoreo aumentó. En la figura No. 10 se presenta la proporción del tiempo destinado a pastoreo, según el periodo del día, la evolución del índice de carga calórica (HLI) y del índice de temperatura y humedad (ITH).



Dónde: CS es el porcentaje del tiempo dedicado al pastoreo de los animales en el tratamiento con acceso a sombra, SS es el porcentaje del tiempo dedicado al pastoreo de

los animales en el tratamiento sin acceso a sombra, HLI sombra es el índice de carga calórica promedio medido en la sombra, HLI sol es el índice de carga calórica promedio medido al sol y ITH es el índice de temperatura y humedad.

Figura No. 10: Porcentaje del tiempo dedicado a pastoreo para tres periodos del día para ambos tratamientos, junto a la evolución del índice de carga calórica (HLI) y del índice de temperatura y humedad (ITH).

A medida que el índice de temperatura y humedad disminuyó el tiempo que los animales dedicaron al pastoreo fue mayor, disminuyendo el tiempo de descanso y rumia, mientras que en los periodos de ITH elevado el tiempo de pastoreo disminuyó y fue concentrado en las horas de menor estrés, como se puede observar en la figura No. 8.

En los dos primeros periodos de pastoreo se observó una tendencia a mayor tiempo de pastoreo en los animales sin acceso a sombra en la parcela, mientras que los animales con acceso se quedaban bajo la misma y compensarían las horas de pastoreo a partir de la tarde cuando las condiciones ambientales eran adecuadas.

Según Rovira (2012), los animales con libre acceso a la sombra tendieron a pastorear durante menos tiempo y a estar más tiempo descansando y/o rumiando durante las horas luz del día que los animales sin acceso a sombra.

Los resultados son similares a los encontrados por Hodgson (1990), que marca un patrón básico de comportamiento en donde se destacan tres o eventualmente cuatro sesiones de pastoreo, siendo las más importantes en la mañana temprano y al final del día.

4.3.4 Indicadores de estrés térmico en el animal

La frecuencia respiratoria fue afectada significativamente por el tratamiento, siendo menor en los que contaban con acceso a sombra, ya sea en el horario de la mañana (8:00, $P=0,0076$) como en la tarde (14:00, $P< 0,01$) (Ver cuadro No. 11).

Cuadro No. 11: Efecto tratamiento en la frecuencia respiratoria en la mañana y en la tarde.

	Tratamiento		PR > F		
	Con sombra	Sin Sombra	T	S	TxS
FR mañana	37,4	40,1	**	**	ns
FR tarde	63,2	83,3	**	**	*

FR: Frecuencia respiratoria en respiraciones por minuto. T: Efecto del tratamiento. S: Efecto de la semana. TxS: efecto del tratamiento por la semana.

** (P<0,01), *(P<0,05), +(P<0,10), ns(P>0,10).

También se destaca un efecto semana importante en la frecuencia respiratoria para ambos tratamientos (CS y SS, P< 0,01), siendo mayores en las semanas de altos índices de estrés, como lo fueron las semanas 2, 6 y 9 (Anexo No. 4).

Resultados similares fueron obtenidos por Invernizzi y Marziotte (1998), a la mañana registraron en animales al sol un promedio de 39 respiraciones por minuto y los de la sombra 40 respiraciones por minuto, mientras que en la tarde los promedios fueron de 94 y 70 respiraciones por minuto en los tratamientos sol y sombra respectivamente. Mientras que Rovira (2012) reportó, para novillos en pastoreo expuestos al sol, frecuencia respiratoria media de 48 resp./minuto en la mañana y 77 resp./minuto en la tarde (P<0,05).

La frecuencia respiratoria reacciona de forma muy sensible al calor ambiental, muchas veces precede a la temperatura rectal y es fácil de determinar (Bianca, 1963). El aumento de la misma es uno de los mecanismos que posee el ganado para incrementar la disipación del calor en condiciones de riesgo de estrés calórico y de esa manera mantener la temperatura corporal (Beatty et al., 2006).

La temperatura rectal fue medida en la mañana y en la tarde, no encontrándose diferencias entre tratamientos en la mañana (P=0,38) pero si en la tarde (P=0,007).

Cuadro No. 12: Efecto tratamiento en la temperatura rectal medida en la mañana (8 horas) y en la tarde (14 horas).

	Tratamiento		PR > F		
	Con sombra	Sin Sombra	T	S	TxS
TRectal mañana	38.75	38.7	ns	**	*
TRectal tarde	37.3	40.1	**	**	*

TRectal: Temperatura rectal en grados Celsius. T: Efecto del tratamiento. S: Efecto de la semana. TxS: efecto del tratamiento por la semana.

**($P < 0,01$), *($P < 0,05$), +(P<0,10), ns(P>0,10).

Se registró un efecto semana importante en las mediciones de la tarde ($P < 0,01$), que también se da en las mediciones de la mañana, pero estas últimas están explicadas por una elevada temperatura en la semana 2 (Enero) en comparación con el resto de las semanas.

Lo observado en las mediciones de la tarde concuerda con lo obtenido por Beede y Collier (1986), en donde vacas Yersey con acceso a sombra tuvieron más de 1°C de diferencias de temperatura rectal con respecto a aquellas sin acceso a sombra.

En cuanto al score de jadeo no se tiene análisis estadístico por lo cual se reportan los resultados de las mediciones como porcentaje de ocurrencia en base a las medias aritméticas.

En el cuadro No. 13 se presentan los resultados de las mediciones de score de jadeo, únicamente de las dos primeras semanas de comportamiento, dado que fueron las únicas semanas que presentaron valores de score mayor a cero.

Cuadro No. 13: Efecto tratamiento como porcentaje en el score de jadeo

Score de jadeo	Semana 2		Semana 4	
	CS	SS	CS	SS
0	97,5	68	100	96
1_2	2,5	32	0	4

Tratamientos: CS: animales con acceso a sombra, SS: animales sin acceso a sombra.

Como se aprecia en el cuadro anterior, los tratamientos sin acceso a sombra en la parcela presentaron mayor proporción de animales con score de jadeo más alto, comparado con el tratamiento que sí tenía acceso a sombra.

Se puede constatar que los valores de score de jadeo igual o mayores a 1 se observaron en las horas de la tarde (entre las 13 horas y las 16 horas).

Mader et al. (2006) obtuvieron el máximo de observaciones de jadeo en novillos 2 horas después del máximo de temperatura ambiental, indicando que dicho desfase en el tiempo se corresponde al momento en que las ganancias de calor (ambiental y metabólico) exceden a la pérdida de calor a través de los mecanismos normales de disipación.

4.4 PATRÓN DE DEFOLIACIÓN

El análisis de la defoliación de la pastura muestra que hubo efecto del tratamiento sobre la defoliación diaria en altura ($P=0,049$), pero no hubo efecto cuando se expresó como porcentaje del forraje desaparecido ($P=0,92$). En el cuadro No. 14 se presenta la defoliación diaria en centímetros y en porcentaje, junto a la defoliación diaria para cada tratamiento.

Cuadro No. 14: Patrón de defoliación para los diferentes tratamientos. Defoliación diaria expresada en cm, y en porcentaje respecto al total de la planta, en conjunto con el porcentaje de la defoliación diaria respecto al total diario.

	Tratamiento		Efecto (P-valor)		
	Con sombra	Sin sombra	T	S	DS
Defoliación diaria (cm)	10,8	7,8	*	*	**
Defoliación diaria (%)	17,1	16,9	ns	ns	**
Defoliación diaria (%)	65,7	50,6	ns	ns	ns

T: Efecto del tratamiento. S: Efecto de la semana. DS: Efecto del día dentro de la semana.

Medias seguidas por distintas letras en la fila difieren estadísticamente ($P<0,05$)

** ($P<0,01$), * ($P<0,05$), + ($P<0,10$), ns ($P>0,10$).

En cuanto a la defoliación diaria expresada en altura, el efecto semana fue significativo para ambos tratamientos, siendo mayor en las semanas de menor estrés térmico. En la figura No. 11 se observa como disminuye la defoliación diaria en las semanas con mayores valores del índice de carga calórica (ITH).

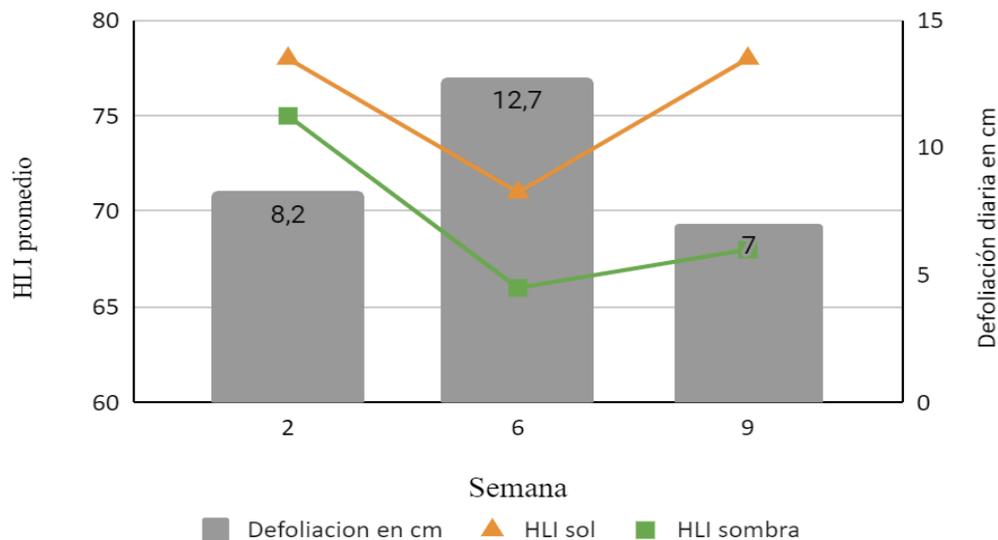


Figura No. 11: Defoliación diaria promedio semanal y evolución del índice HLI.

Estos resultados concuerdan con los indicadores de estrés térmico realizados en el animal, donde en la semana 6 del periodo experimental, reportada como una semana de bajo índice de carga calórica y alta defoliación, los animales de ambos tratamientos presentaron una menor frecuencia respiratoria y temperatura rectal. En el cuadro No. 15 se muestran los valores de los índices de estrés térmico realizados en los animales junto a la defoliación promedio semanal.

Cuadro No. 15: Defoliación diaria promedio semanal, junto a indicadores de estrés térmico en el animal.

	Semana			Efecto (P-valor)
	2	6	9	
Defoliación en cm	8,2	12,8	7,0	*
FR mañana	41,3	38,6	39,8	**
FR tarde	77,2	75,6	80,8	**
Trectal mañana	39,1	38,6	38,6	**
Trectal tarde	41,3	38,6	39,8	**

Trectal: Temperatura rectal en grados Celsius.FR: Frecuencia respiratoria en respiraciones por minuto.

** (P<0,01), *(P<0,05), +(P<0,10), ns(P>0,10).

Los animales del tratamiento con acceso a sombra defoliaron en mayor proporción durante el día (defoliación diurna del 65% respecto al total diario), mientras que los animales sin acceso a la sombra repartieron su pastoreo en igual tiempo durante el día y la noche (consumo diurno del 50% respecto al total diario). Sin embargo estas diferencias entre tratamientos no fueron significativas (P=0.1942).

Esto podría estar explicado por cambios fisiológicos y comportamentales que se dan en los animales del tratamiento sin acceso a sombra, que registraron mayor frecuencia respiratoria en la mañana (40 vs. 37 rpm, P<0,01) y en la tarde (83 vs. 63 rpm, P<0,01), acompañado de un aumento en la temperatura rectal (40 vs. 37 °C, P<0,01), lo cual afectó el confort de los mismos (temperatura rectal de normotermia es de 38°C, Hansen et al., citados por Saravia, 2009) y generó un mayor pastoreo en horas nocturnas donde las condiciones de estrés eran menores.

4.5 PESO VIVO Y GANANCIA DIARIA

En la figura No. 12 se presenta el gráfico de la evolución de PV durante el periodo experimental para cada uno de los tratamientos.

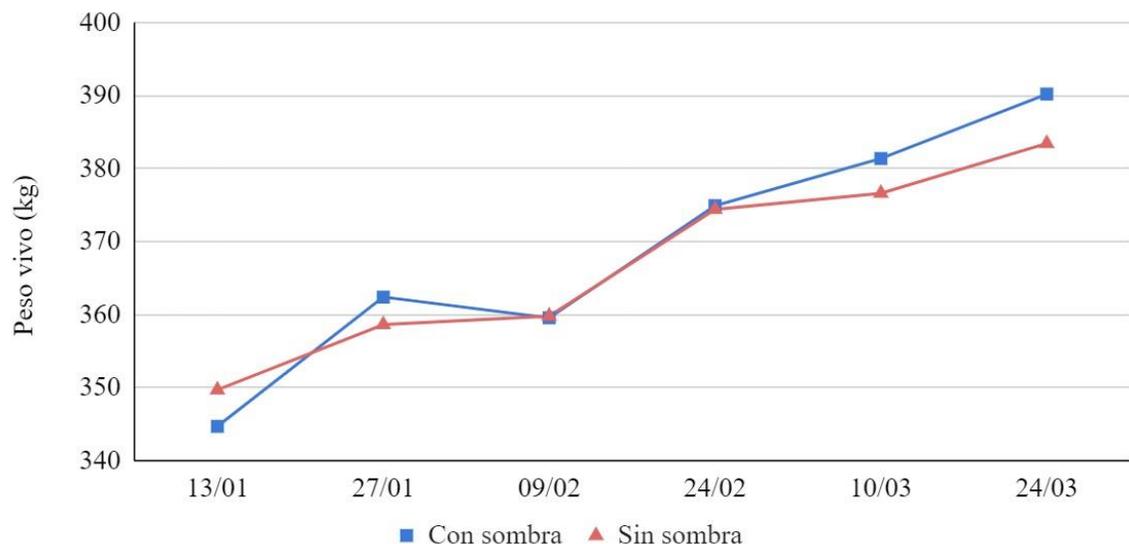


Figura No. 12: Evolución de peso vivo de novillos pastoreando sorgo forrajero con o sin acceso a sombra en la parcela

La ganancia media diaria promedio para el periodo experimental mejoro significativamente con el acceso a sombra en la parcela (0,617 vs. 0,523 kg/animal/día, P=0,02). En el cuadro No. 16 se presentan las medias de GMD, peso inicial y peso final para cada tratamiento con su respectivo efecto.

Cuadro No. 16: Efecto del acceso a sombra en la parcela sobre la ganancia de peso promedio y el peso vivo en novillos pastoreando sorgo forrajero (medias ajustadas).

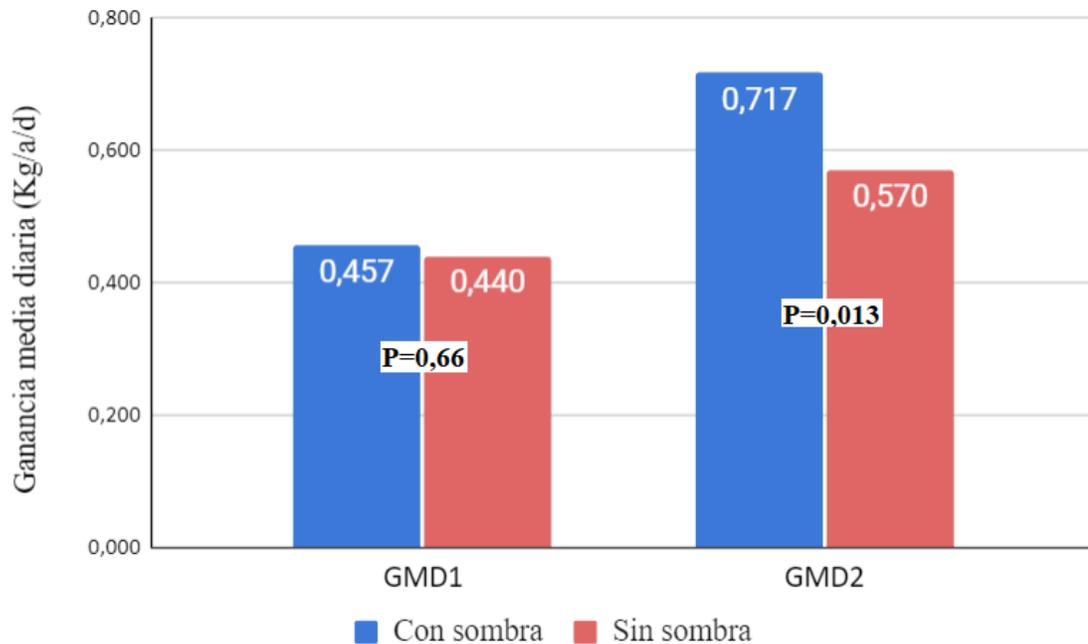
	Tratamiento		
	Con sombra	Sin sombra	Pr>F
Peso inicial (kg)	345	350	ns
GMD (kg/animal/día)	0,617	0,523	*
Peso final (kg)	390	383	+

Medias seguidas por distintas letras en la fila difieren estadísticamente (P<0.05)

** (P<0,01), *(P<0,05), +(P<0,10), ns(P>0,10).

El efecto positivo observado sobre la ganancia media diaria de los animales por tener acceso a sombra en la parcela, determinó una leve tendencia al aumento del peso final de los novillos pero que no llegó a ser significativa (P=0,06).

Se registraron dos etapas en el periodo experimental, en la primera etapa, que involucra desde la semana 1 a la semana 4, no hubo diferencias significativas entre tratamientos en ganancia media diaria (P=0,66), pero sí se observó diferencias significativas en la segunda parte (0,717 vs. 0,570 kg, P=0,012), que involucra de la semana 5 a la 10, por lo que el efecto del acceso a sombra sobre la performance de los animales estuvo explicado por la segunda etapa del periodo experimental. En la figura No. 13 se presenta la ganancia media diaria para cada uno de los tratamientos según la etapa del periodo experimental.



Dónde: GMD1 representa la ganancia media diaria para el periodo entre el 13 de enero del 2021 y el 9 de febrero del 2021, y GMD2 representa la ganancia media diaria para el periodo entre el 10 de febrero del 2021 y el 23 de marzo del 2021.

Figura No. 13: Efecto del acceso a sombra sobre la ganancia media diaria según etapa dentro del periodo experimental.

Rovira (2002) en un experimento con novillos cruza Hereford x Aberdeen Angus, en pastoreo de sudangrass en el verano, encontró que los animales del tratamiento con acceso a sombra manifestaron una ganancia individual promedio 14% mayor que los animales en el tratamiento sin acceso a sombra, valor semejante a la respuesta de 18% encontrada para la GMD promedio en el presente trabajo.

Las ganancias de peso medias diarias presentaron valores semejantes a los encontrados para pastoreo de novillos sobre verdeos en el periodo estival: 0,475 kg/a./día pastoreando sudangrás (Rovira y Velazco, 2007), 0,513 kg/a./día pastoreando sudangrás (Rovira, 2012), 0,845 kg/a./día pastoreando sorgo forrajero BMR (Berlangeri, 2008).

Por otro lado, si vemos la ganancia de peso según el periodo en el verano, Rovira et al. (2012) en el verano 2007, no encontró un efecto significativo en el promedio de ganancia diaria por el acceso a sombra ($P > 0,05$), pero sí en la primera etapa del experimento (Enero). Mientras que otra investigación, Rovira (2002) si mostró resultados coincidentes con los encontrados, con ganancias mayores en el segundo ciclo de pastoreo

(Febrero) en animales con acceso a sombra comparado con aquellos animales sin acceso a sombra (0,805 vs. 0,531 kg, $P < 0,05$).

En el presente trabajo, es probable que en la primera etapa experimental la oferta de forraje haya estado limitada, lo que se reflejó en altas utilidades de forraje en las primeras semanas (Ver figura N° 5), lo cual es perjudicial para la obtención de ganancias individuales elevadas (Dalley et al., 1999).

A medida que fueron avanzando las semanas experimentales, el forraje fue variando en cuanto a la cantidad y calidad, y la oferta de forraje efectiva se ajustó al 8% conforme lo definido. Esta mejora en la oferta de forraje, resultó en una reducción de la utilización de forraje, lo cual en conjunto con el aumento del tiempo de pastoreo (Ver cuadro No 10) probablemente permitió que los animales aumenten la selección del forraje, si bien esto no fue cuantificado, se observó notoriamente que en la segunda parte del periodo experimental, el forraje remanente estaba en mayor parte constituido por tallos, por lo que es probable que los animales hayan consumido una mayor proporción de hojas. La proporción de hojas es de gran importancia, dado a que la producción de materia seca digestible de las plantas es directamente proporcional al porcentaje de hojas (Carambula, 1977). En términos de balance energético un aumento en el consumo de nutrientes explicaría la mayor ganancia media diaria en la segunda mitad del periodo experimental.

Tanto en la primera como en la segunda mitad del periodo experimental se registraron condiciones ambientales propicias para el estrés por calor, sin embargo la sombra fue efectiva en la segunda mitad, donde los tratamientos presentaban altas ganancias diarias, tal como lo remarca Rovira (2002), al mejorar la alimentación pasaría a tomar mayor importancia otro factor limitante que podría estar influyendo negativamente en la performance animal, como es el estrés calórico durante el verano.

4.6 DISCUSIÓN GENERAL

Las variables meteorológicas en el periodo experimental se encontraron dentro de los valores históricos, por lo que el periodo se puede tomar como un año promedio. En base a los datos de ITH promedio diario, el periodo experimental presentó el 60% del tiempo con ITH sin riesgo ($ITH < 72$), 28% con ITH con estrés moderado ($ITH > 72 \leq 79$) y 12% con ITH con estrés severo ($ITH > 80$). Por lo que se puede afirmar que el ambiente generó estrés térmico en algún momento del tiempo sobre los animales, siendo en enero donde se registró el mayor porcentaje; 17% de los días con estrés severo ($ITH > 80$) y 33% de los días con estrés moderado ($ITH > 72 \leq 79$). Mientras que si analizamos el índice HLI, el promedio para el periodo experimental al sol fue de 73 y a la sombra de 68, por lo que se puede afirmar que la sombra generó un ambiente termoneutral ($HLI < 70$) y el HLI al sol generó un ambiente con condiciones calidas ($HLI > 70 \leq 77$).

En este contexto, el disponer de sombra en la parcela durante el periodo estival, generó una mejora en la performance animal (0,617 vs. 0,523 kg/animal/día), representando un aumento del 18 % a favor de los animales con libre acceso a la sombra, pero esto no se tradujo en un aumento significativo del peso final de los novillos. El análisis de la curva de evolución de peso, evidencia un mayor impacto del acceso a sombra sobre la GMD en la segunda mitad del periodo experimental, resultado similar al encontrado por Rovira (2002). Dicho resultado podría estar explicado por una oferta de forraje limitada en la primera etapa, lo que generó altas utilidades y bajas ganancias de peso, mientras que en la segunda etapa cambios en la cantidad y calidad del forraje, en conjunto con un aumento del tiempo de pastoreo, y un probable aumento en la selección del forraje, permitieron la obtención de ganancias diarias elevadas, lo cual permitiría explicar la mayor respuesta al acceso a la sombra.

Esta respuesta está mediada por cambios fisiológicos y en el comportamiento animal, que redundaría en una mejora del balance energético a partir de una reducción en el gasto de mantenimiento, asociado a un menor efecto de estrés térmico, aumentando la proporción de nutrientes destinados a ganancia de peso.

El uso de la sombra mejoró el termo confort de los animales, reduciendo la frecuencia respiratoria y la temperatura rectal, en conjunto con una menor intensidad de jadeo en comparación con los animales del tratamiento sin acceso a la sombra.

El acceso a sombra cambió el patrón de defoliación, aumentando la proporción de defoliación diurna respecto a la defoliación total (65% vs. 50%), en donde los animales sin acceso a sombra, vieron afectado su confort, generando un mayor pastoreo en horas nocturnas donde las condiciones de estrés eran menores.

Los mayores cambios fisiológicos y comportamentales se observaron entre semanas del periodo experimental, en donde en las semanas de mayor estrés térmico (representado por los indicadores de estrés por calor; ITH y HLI), aumentó el tiempo destinado al descanso y la rumia, y disminuyó el tiempo de pastoreo, registrándose también un aumento en el uso de la sombra para los animales que disponían de ella. Esta relación inversa que observada entre la actividad de pastoreo y los índices de estrés, también se observó en el patrón diurno y la evolución diurna del ITH y HLI; en donde en el intervalo horario con mayores índices entre las 11 y las 15 horas, el tiempo destinado al pastoreo era el menor y aumentaba el acceso a la sombra, junto con el tiempo destinado a descanso.

Los resultados sugieren que el acceso libre a la sombra incide positivamente sobre la performance animal y cobra mayor relevancia cuando las condiciones ambientales son más estresantes para los animales y/o no se presenta una limitante en el nivel de alimentación en cuanto a calidad y cantidad.

5. CONCLUSIONES

La performance productiva de novillos pastoreando sorgo forrajero entre enero y marzo con una oferta de forraje del 8% del peso vivo, dado condiciones ambientales de riesgo moderado de estrés calórico mejora con el uso de sombra en la parcela de pastoreo. Esta respuesta aparece asociada a una mejora en el termo confort y patrón de comportamiento en pastoreo.

Los animales sin acceso a sombra manifiestan mayor nivel de estrés que los animales con sombra, registrando una mayor frecuencia respiratoria, así como también una mayor temperatura rectal.

6. RESUMEN

El trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto del acceso a la sombra en la parcela sobre la disminución del estrés calórico y la performance animal estival en novillos pastoreando sorgo forrajero a una asignación del 8 % del PV. El experimento fue realizado en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, Paysandú, Uruguay entre el 12/1/2021 y el 23/3/2021. Se utilizaron treinta novillos Hereford, de aproximadamente 18 meses de edad con un peso vivo promedio al inicio de $347 \pm 5,5$ kg, los cuales fueron asignados a 2 tratamientos al azar: pastoreo libre con y sin acceso a sombra. Los animales pastorearon sorgo forrajero del cultivar tipo ADV 2800 de forma rotativa en franjas semanales, el verdeo se utilizó en un pastoreo con una disponibilidad promedio de 10727 ± 3637 kg MS/ha y $119 \pm 39,8$ cm de altura. La ganancia media de los tratamientos fue de 0,617 kg/a./día para los animales con acceso a sombra y de 0,523 kg/a./día para los sin acceso a sombra; de esta forma se determinó un efecto significativo de la sombra sobre la performance de los animales ($P=0,02$), definido por la segunda etapa del periodo experimental (0,717 vs. 0,570 kg, $P=0,012$), La sombra mejoró el HLI promedio (67 vs. 72) notoriamente mejorando la performance animal, redujo la temperatura rectal (40,1 vs. 37,3 °C, $P=0,0076$), la frecuencia respiratoria (83,3 vs. 63,2 rpm, $P<.0001$) y la intensidad de jadeo cuando se compara con los tratamientos sin acceso a sombra.

Palabras claves: Novillos; Verano; Sombra; Sorgo forrajero.

7. SUMMARY

The objective of this project was to evaluate the effect that the access to shade in the plot of land has on the mitigation of heat stress and summery animal performance in steers fed with forage sorghum, with an assignation of 8% of the PV. The experiment was held in the Experimental Station Mario A. Cassinoni, Paysandú, Uruguay, between 12/1/2021 and 23/3/2021. We used thirty Hereford steers, approximately 18 months old, and with an initial weight of $347 \pm 5,5$ kg, which were randomly assigned to two treatments: free grazing with and without access to shade. The animals grazed on forage sorghum of the type ADV 2800, rotating weekly. Pastures were used in grazing with an average availability of 10727 ± 3637 kg DM/ha and 119 ± 39.8 cm in height. The average gain of the treatments was 0.617 kg/a./day for the animals with access to shade and 0.523 kg/a./day for those without access to shade; in this way, a significant effect of the shade on the performance of the animals was determined ($P=0.02$), defined by the second stage of the experimental period (0.717 vs. 0.570 kg, $P=0.012$), The shade improved the HLI average (67 vs. 72) notoriously improving animal performance, reduced rectal temperature (40.1 vs. 37.3 °C, $P=0.0076$), respiratory rate (83.3 vs. 63.2 rpm, $P<.0001$) and panting intensity when compared to treatments without access to shade.

Key words: Steers; Summer; Shade; Forage Sorghum.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Adami, I. G.; Betancur, H. R.; Esteves, Á. M. 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.
2. Allden, W. G.; Whitaker, I. A. 1970. The determinates of herbage intake by grazing sheep: interrelationship of factors influencing herbage intake availability. *Australian Journal of Agricultural Research*. 21(5): 755 – 766.
3. Arias, R. A. 2006. Environmental factors affecting daily water intake on cattle finished in feedlots. MSc.Thesis. Nebraska, USA. University of Nebraska. 138 p.
4. _____; Mader, T. L.; Escobar, P. C. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 40(1): 7 – 22.
5. AOAC (Association of Official Analytical Chemists, US). 1990. Official methods of analysis of AOAC International. Washington. s.p.
6. _____. 2007. Official methods of analysis of AOAC International. Washington. s.p.
7. Armstrong, D. V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science*. 77(7): 2044 – 2050.
8. Artola, A.; Carámbula, M. 1978. Comportamiento de cultivares de sorgos para ensilar en Estanzuela. *Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos del Uruguay*. no. 11: 33 – 39.
9. Balch, C. C.; Campling, R. C. 1962. Regulation of voluntary food intake in ruminants. *Nutrition Abstracts and Reviews*. 32: 669 – 686.
10. Barajas Cruz, R.; Cervantes Pacheco, B. J.; Espino García, M. A.; Flores Aguirre, L. R.; Aguirre Ortega, J.; Martínez González, S.; García, D. E. 2010. Efecto de sombra en el corral de engorda en la respuesta productiva de toretes en finalización de la época calurosa. (en línea). *Zootecnia Tropical*. 28(4): 513 – 520. Consultado mayo 2022. Disponible en http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692010000400008.
11. Barbera, P.; Benítez, J. 2016. Sorgo forrajero para pastoreo: EEA INTA Mercedes 2013 a 2016. *Corrientes, INTA*. 16 p. (Serie Técnica no. 53).
12. Beatty, D. T.; Barnes, A.; Taylor, E.; Pethick, D.; Mccarthy, M.; Maloney, S. K. 2006. Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged continuous heat and humidity. *Journal of Animal Science*. 84(4): 972 – 985.

13. Beede, D. K.; Collier, R. J. 1986. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *Journal of Animal Science*. 62(2): 543 – 554.
14. Berbigier, P. 1988. *Bioclimatologie des ruminants domestiques en zone tropicale*. Paris, INRA. 237 p.
15. Beretta, 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. *Agrociencia (Uruguay)*. 17(1): 131 – 140.
16. Berlangeri, S. 2008. Efecto del manejo y el material genético en la productividad de sorgo forrajero bajo pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 189 p.
17. Berman, A. 2005. Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. *Journal of Animal Science*. 83(6): 1377 – 1384.
18. Berra, G.; Carrillo, J.; Mate, A. 1995. Prevención al estrés calórico en terneras. *SuperCampo*. 2(15): 24 – 28.
19. Bettolli, M. L.; Del Carmen, A. M.; Cruz, G.; Rudorff, F.; Martínez, A.; Arroyo, J.; Armoa, J. 2010. Pastura natural de Salto (Uruguay): relación con la variabilidad climática y análisis de contextos futuros de cambio climático. *Revista Brasileira de Meteorologia*. 25(2): 248 – 259.
20. Bianca, W. 1963. Rectal temperature and respiratory rate as indicators of heat tolerance in cattle. *Journal of Agriculture Science*. 60(1): 113 – 120.
21. _____. 1968. Thermoregulation. *In: Hafez, E. S. E. ed. Adaptation of domestic animals*. Philadelphia, Lea & Febiger. pp. 97 – 118.
22. _____. 1972. Termorregulación. *In: Hafez, E. S. E. ed. Adaptación de los animales de granja*. México, Herrero. pp. 135 – 162.
23. Bianchi, J. L. 1982. Relación de distintos parámetros de la pastura con el consumo y ganancia en peso de novillos en pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 86 p.
24. Blackshaw, J. K.; Blackshaw, A. W. 1994. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behavior: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 34(2): 285 – 295.
25. Brown-Brandl, T. M.; Eigenberg, R. A.; Nienaber, J. A.; Hahn, G. L. 2005. Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle: part 1: analyses of indicators. *Biosystems Engineering*. 90(4): 451 – 462.
26. _____.; Nienaber, J. A.; Eigenberg, R. A.; Mader, T. L.; Morrow, J. L.; Dailey, J. W. 2006. Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. *Livestock Science*. 105(1-3): 19 – 26.
27. Carámbula, M. 1964. Efectos de diferentes intensidades y frecuencias de corte en Sudangrás. *Boletín Técnico*. no. 7: 1 – 11.
28. _____. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 464 p.
29. _____. 1997. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 524 p.

30. _____. 2002. Pasturas y forrajes. Vol. 1: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. 357 p.
31. _____. 2007. Verdeos de verano. Montevideo, Hemisferio Sur. 226 p.
32. Casanova, D. 2020. Efecto de la suplementación con DDGS y el encierro diurno sobre el comportamiento productivo de novillos Hereford pastoreando sorgo forrajero. Tesis Mag. en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 110 p.
33. Cazzuli, F.; Lagomarsino, X.; Luzardo, S.; Montossi, F. 2019. ¿Existe respuesta a la suplementación estratégica en novillos de recría pastoreando sudangrás y sorgo forrajero? *Agro Sur*. 47(2): 7 – 17.
34. Cesar, D.; Cópola, B. 2015. Intoxicación por el hongo *Ramaria flavo burnescens*: “Bocopa”. (en línea). *Revista Plan Agropecuario*. 154: 58 – 59. Consultado 6 ago. 2021. Disponible en <https://www.planagropecuario.org.uy/web/165/revista-online/junio-2015-n%C2%B0154.html>.
35. Chacon, E.; Stobbs, T. H. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behavior of cattle. *Australian Journal of Agriculture Research*. 27(5): 709 – 727.
36. Chilibroste, P. 2002. Integración de patrones de consumo y oferta de nutrientes para vacas lecheras en pastoreo durante el periodo otoño-invernal. (en línea). In: *Jornadas de Buiatría (30°, 2002, Paysandú)*. Paysandú, Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 90 – 96. Consultado 17 jun. 2021. Disponible en <https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/handle/123456789/465>.
37. Con calor, el ganado consume hasta un 60 % más de agua. 2017. (en línea). INTA Informa, Buenos Aires, AR, dic. 26: s.p. Consultado 29 mar. 2022. Disponible en <https://intainforma.inta.gob.ar/con-calor-el-ganado-consume-hasta-un-60-mas-de-agua/>.
38. Cortazzo, D.; Marchelli, J. P.; Viera, G.; Zabala, A. 2007. Efecto del encierro diurno durante el período estival sobre la performance de novillos Hereford pastoreando praderas mezclas en dos asignaciones de forraje. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 159 p.
39. 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.
40. Dalley, D. E.; Roche, J. R.; Grainger, C.; Moate, P. J. 1999. Dry matter intake, nutrient selection and milk production of dairy cows grazing rainfed perennial pasture at different herbage allowance in spring. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 39(8): 923 – 931.
41. Fassio, A.; Cozzolino, D.; Ibáñez, W.; Fernández, E. 2002. Sorgo: destino forrajero. Montevideo, INIA. 30 p. (Serie Técnica no. 127).
42. Flamenbaum, L. 1997. Estrategias para combatir el estrés calórico. *SuperCampo*. 39: 14 – 20.

43. Forbes, T. D. A. 1988. Researching the plant – animal interface: the investigate of ingestive behavior in grassing animals. *Journal of Animal Science*. 66(9): 2269 – 2379.
44. Gabard, L.; Russi, I. 2005. Efecto de la intensidad de pastoreo en producción y dinámica poblacional de *Sorghum sudanense* var. Comiray. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 123 p.
45. Gallarino, H. 2008. Manejo de sorgos forrajeros, su aprovechamiento. *Marca Líquida Agropecuaria*. 18(180): 52 – 54.
46. Gaughan, J. B.; Holt, S. M.; Hahn, G. L.; Mader, T. L.; Eigenberg, R. 2000. Respiration rate-is it a good measure of heat stress in cattle? *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 13(Suppl. C): 329 – 332.
47. _____; Mader, T. L.; Holt, S. M.; Lisle, A. 2008. A new heat load index for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 86(1): 226 – 234.
48. Gayo, J. C. 1998. El ambiente y la producción animal. *Revista Plan Agropecuario*. 78: 17 – 20.
49. Giraudó, M. 2003. Estrés térmico. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 23 nov. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/clima_y_ambientacion/09-stres.pdf.
50. Goering, H. K.; Van Soest, P. J. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents procedures and some applications). Washington, USDA. 24 p. (Agriculture Handbook no. 379).
51. Gomes Da Silva, G.; Morais, D. A.; Guilhermino, M. M. 2007. Evaluation of termal stress indexes for dairy cows in tropical regions. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36(4): 1191 – 1198.
52. Gregorini, P.; Eirin, M.; Wade, M. H.; Refi, R.; Ursino, M.; Ansin, O. E.; Masino, C.; Agnelli, L.; Wakita, K.; Gunter, S. A. 2007. The effects of a morning fasting on the evening grazing behavior and performance of strip-grazed beef heifers. *The Professional Animal Scientist*. 23(6): 642 – 648.
53. Hahn, G. L.; Parkhurst, A. M.; Gaughan, J. B. 1997a. Cattle respiration rate as a function of ambient temperature. Michigan, ASAE. s.p. (ASAE Paper no. MC97-121).
54. _____; Mader, T. L. 1997b. Heat waves and their relation to thermoregulation, feeding behavior and mortality of feedlot cattle. *In*: International Livestock Environment Symposium (5^o., 1997). Proceedings. Minneapolis, ASAE. pp. 563 – 567.
55. _____; _____; Eigenberg, R. A. 2003. Perspectives on development of thermal indices for animal studies and management. *In*: Lacetera, N.; Bernabucci, U.; Khalifa, H. H.; Ronchi, B.; Nordone, A. eds. Interactions between climate and animal production. Wageningen, Wageningen Academic Publishers. pp. 31 – 44. (EAAP Technical Series no. 7).

56. Hammond, A. C.; Olson, T. A.; Chase-Junior, C.; Bowers, E. J.; Randel, R. D.; Murphy, C. N.; Vogt, D. W.; Tewolde, A. 1996. Heat tolerance in two tropically adapted *Bos taurus* breeds, Senepol and Romosinuano, compared with Brahman, Angus, and Hereford cattle in Florida. *Journal of Animal Science*. 74(2): 295 – 303.
57. Haydock, K. P.; Shaw, N. H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 15(76): 663 – 670.
58. Hodgson, J. 1981. Variations in the surface characteristics of the sward and the short-term rate of herbage intake by calves and lambs. *Grass and Forage Science*. 36(1): 49 – 57.
59. _____. 1990. *Grazing management: science into practice*. New York, Longman. 203 p. (Handbooks in Agriculture).
60. Hull, J. L.; Meyer, J. H.; Kromann, R. 1961. Influence of stocking rate on animal and forage production from irrigated pastures. *Journal of Animal Science*. 20(1): 46 – 52.
61. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY); INASE (Instituto Nacional de Semillas, UY). 2018. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de sorgo forrajero. (en línea). Montevideo, INIA. 21 p. Consultado 18 de ene. 2021. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_CV/Ano2018/PubSorgoForrajeroPeriodo2018.pdf.
62. _____. 2019. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de sorgo forrajero. (en línea). Montevideo, INIA. 22 p. Consultado 18 de ene. 2021. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_CV/Ano2019/PubSorgoForrajeroPeriodo2019.pdf.
63. _____. 2020. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de sorgo forrajero. (en línea). Montevideo, INIA. 22 p. Consultado 18 de ene. 2021. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_CV/Ano2020/PubSorgoSiloPeriodo2020.pdf.
64. INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología). s.f. Tablas estadísticas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado jul. 2021. Disponible en <https://www.inumet.gub.uy/index.php/clima/estadisticas-climatologicas/tablas-estadisticas>.
65. Invernizzi, G.; Marzziotte, G. 1998. Efecto de diferentes confort térmicos sobre la producción de leche en verano. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 109 p.
66. Jamieson, W. S.; Hodgson, J. 1979. The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves under strip-grazing management. *Grass and Forage Science*. 34(4): 261 – 271.

67. Johnson, H. D.; Kibler, H. H.; Ragsdale, A. C.; Berry, I. L.; Shanklin, M. D. 1961. Role of heat tolerance and production level in responses of lactating Holsteins to various temperature-humidity conditions. *Journal of Dairy Science*. 44(6): 1191.
68. Kendall, T. L.; Nielsen, P. P.; Hahn, G. L.; Verkerk, J. B.; Littlejohn, R. P.; Matthews, L. R. 2006. The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. *Livestock Science*. 103(1-2): 148 – 157.
69. Khalifa, H. H. 2003. Bioclimatology and adaptation of farm animals in a changing climate. *In*: Lacetera, N.; Bernabucci, U.; Khalifa, H. H.; Ronchi, B.; Nordone, A. eds. *Interactions between climate and animal production*. Wageningen, Wageningen Academic Publishers. pp. 15 – 29. (EAAP Technical Series no. 7).
70. Lagomarsino, X.; Montossi, F. 2014. Engorde estival de novillos en pastoreo sobre sorgos forrajeros con suplementación proteica. *Revista INIA*. no. 39: 17 – 22.
71. Lombardo, S. 2012. Asignación de forraje: ¿cuánto pasto hay que ofrecer a los animales? *Revista Plan Agropecuario*. no. 143: 32 – 35.
72. López, D. 2002. Genética y reproducción: razas bovinas africanas, nueva herramienta genética para aumentar la producción de carne en el trópico y subtropical. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 8 mar. 2022. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/razas_bovinas/87-africanas.pdf.
73. López Da Silva, A.; Bozzone, M. 2000. Dietas de verano de acuerdo a los objetivos de producción. *Revista INIA*. no. 43: 12 – 16.
74. Mader, T. L.; Fell, L. R.; McPhee, M. J. 1997. Behavior response of non-Brahman cattle to shade in commercial feedlots. *In*: *International Livestock Environment Symposium (5^o., 1997)*. Proceedings. Minneapolis, ASAE. pp. 795 – 802.
75. _____; Dahlquist, J. M.; Hahn, G. L.; Gaughan, J. B. 1999. Shade and wind barrier effects on summertime feedlot cattle performance. *Journal of Animal Science*. 77(8): 2065 – 2072.
76. _____; Holt, S. M.; Hahn, G. L.; Davis, M. S.; Spiers, D. E. 2002. Feeding strategies for managing heat load in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 80(9): 2373 – 2382.
77. _____; Davies, M. S.; Brown-Brandl, T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 84(3): 712 – 719.
78. _____; Griffin, D.; Hahn, L. 2007. *Managing feedlot heat stress*. Nebraska, University of Nebraska. s.p. (NebGuide no. G1409).
79. MAP. DSF (Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección de Suelos y Fertilizantes, UY). 1976. Carta de reconocimiento de Suelos del Uruguay. (en línea). Montevideo. Esc. 1:1.000.000. Color. Consultado may. 2022. Disponible en <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/politicas-y-gestion/carta-reconocimiento-suelos-del-uruguay-escala-11000000>.

80. Martin, G. 2002. Mantenga la sombra en sus potreros y reduzca el estrés animal. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 29 mar. 2022. Disponible en https://produccion-animal.com.ar/clima_y_ambientacion/16-sombra_en_potreros_y_reduzca_estres.pdf.
81. Meat and Livestock Australia. 2005. Wetting cattle to alleviate heat stress on ships. Sydney. s.p. (Tips & Tools: Animal Health and Welfare no. 2).
82. Meyer, U.; Everinghoff, M.; Gädeken, D.; Flachowsky, G. 2004. Investigations on the water intake of lactating cows. *Livestock Production Science*. 90(2-3): 117 – 121.
83. Mieres, J. M.; Assandri, L.; Cúneo, M. 2004. Tablas de valor nutritivo de alimentos: guía para la alimentación de rumiantes. Montevideo, INIA. pp. 13 – 68. (Serie Técnica no. 142).
84. Mitlöhner, F. M.; Morrow, J. L.; Dailey, J. W.; Wilson, S. C.; Galyean, M. L.; Miller, M. F.; McGlone, J. J. 2001. Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 79(9): 2327 – 2335.
85. Morris, S. T.; Hirshberg, S. W.; Michel, A.; Parquer, W. J.; McCutcheon, S. N. 1993. Herbage intake and liveweight gain of bulls and steers continuously stocked at fixed sward heights during autumn and spring. *Grass and Forage Science*. 48(2): 109 – 117.
86. Mott, G. O. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. *In*: International Grassland Congress (8^o., 1960, Reading). Proceedings. London, Alden Press. pp. 606 – 611.
87. Muller, C. J. C.; Botha, J. A. B.; Coetzer, W. A.; Smith, W. A. 1994. Effect of shade on various parameters of Friesian cows in a Mediterranean climate in South Africa: 2. physiological responses. *South African Journal of Animal Science*. 24(2): 56 – 60.
88. NRC (National Research Council, US). 1996. Nutrient requirements of beef cattle. Washington, National Academy Press. 242 p.
89. Panza, P. L.; Rosso, O. R.; Chifflet de Verde, S.; Nofal, A. G. 1990. Ganancia de peso en novillos y composición botánica de la dieta en pastoreo diferido en otoño de maíz y sorgo forrajero. *Revista Argentina de Producción Animal*. 10(5): 311 – 316.
90. Paul, R. M.; Turner, L. W. 2000. Effects of shade on body temperatures and production of grazing beef cows. *In*: University of Kentucky, US. 2000 Beef cattle research report. Kentucky. pp. 24 – 28.
91. Poppi, D. P.; Hughes, J. P.; L'Huillier, P. J. 1987. Intake of pasture for grazing animals. *In*: Nicol, A. M. ed. *Livestock feeding on pasture*. Hamilton, New Zealand Society of Animal Production. pp. 55 – 64. (Occasional Publication no. 10).
92. Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Móron, A. 1995. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. 254 p. (Serie Técnica no. 80).

93. Romero, L. 2003. Sorgo forrajero: una cuestión de manejo. (en línea). Rafaela, INTA. s.p. Consultado 5 oct 2021. Disponible en http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/art_divulgacion/ad_0004.htm.
94. Rosso, A. 2004. Suplementación estival. Revista del Plan Agropecuario. no. 112: 21 – 25.
95. Rovira, P. J. 2002. Efecto de la sombra artificial en el engorde de novillos durante los meses de verano. *In*: Jornada Anual de Producción Animal (2002, Treinta y Tres). Montevideo, INIA. pp. 87 – 103. (Actividades de Difusión no. 294).
96. _____; Velazco, J. I. 2007. Sombra: buena para el ganado, mejor para el productor. Revista INIA. no. 13: 2 – 5.
97. _____. 2008. Cuantificando el estrés calórico en vacunos en pastoreo. Revista INIA. no. 16: 10 – 13.
98. _____. 2012. Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles de la región este del Uruguay. Montevideo, INIA. 84 p. (Serie Técnica no. 202).
99. _____.; Echeverría, J. 2013. Desempeño productivo de novillos pastoreando sudangrás o sorgo forrajero nevadura marrón (BMR) durante el verano. Revista Veterinaria. 24(2): 91 – 96.
100. Sainz, R.; Cruz, G.; Mendes, E.; Magnabosco, C. 2017. Performance, efficiency and estimated maintenance energy requirements of Bos taurus and Bos indicus cattle. Wageningen, Wageningen Academic Publishers. 70 p.
101. Saravia, C.; Cruz, G. 2003. Influencia del ambiente atmosférico en la adaptación y producción animal. Notas Técnicas. no. 50: 1 – 36.
102. _____. 2009. Efecto del estrés calórico sobre las respuestas fisiológicas y productivas de vacas Holando y Jersey. Tesis Mag. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 134 p.
103. Silanikove, N. 2000. Effect of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. Livestock Production Science. 67(1-2): 1 – 18.
104. Silungwe, D. 2011. Evaluation of forage yield and quality of sorghum, sudangrass and pearl millet cultivars in Manawatu. MSc. Thesis. Massey, New Zealand. Massey University. Agronomy Faculty. 140 p.
105. Simeone, A. 2000. Producción intensiva de carne. Revista de FUCREA. no. 205: 16 – 19.
106. _____.; Beretta, V.; Caorsi, C. J. 2010. Efecto de la sombra natural sobre la performance estival de vaquillonas pastoreando campo natural de áreas forestadas. Agrociencia (Uruguay). 14(3): 137 – 137.
107. Souza de Abreu, M. H.; Ibrahim, M.; Silva, J. C. 1999. Árboles en pastizales y su influencia en la producción de pasto y leche. *In*: Congreso Latinoamericano sobre Agroforestería para la Producción Agrícola Sostenible (1°, 1999, Cali). Trabajos presentados. Cali, CIPAV. pp. 68 – 75.
108. St-Pierre, N.; Cobanov, R. B.; Schnitkey, G. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. Journal of Dairy Science. 86(1): 52 – 77.
109. Thom, E. C. 1959. The discomfort index. Weatherwise. 12(2): 57 – 59.

110. Turner, L. W. 2000. Shade options for grazing cattle. (en línea). Kentucky, University of Kentucky. s.p. (Agricultural Engineering Update no. 91). Consultado 17 oct. 2021. Disponible en <http://lshs.tamu.edu/docs/lshs/end-notes/shade%20options%20for%20grazing%20cattle-2322761548/shade%20options%20for%20grazing%20cattle.pdf>.
111. Valtorta, S.; Gallardo, M. 1996. El estrés por calor en producción lechera. In: INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, AR). Temas de producción lechera. Rafaela. pp. 173 – 185. (Publicación Miscelánea no. 81).
112. _____; _____. 2003. Estrategias para mejorar la producción de leche en verano. (en línea). s.l., INTA. s.p. Consultado 17 dic. 2021. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-estrategias_de_manejo_nutricional_y_ambiental_en_vera.pdf.
113. Vaz Martins, D.; Seigal, E.; Pittaluga, O. 2003. Producción de carne con sudangrass dulce, híbrido de sudangrass por sorgo granífero y sorgo doble propósito. In: Vaz Martins, D. ed. Avances sobre engorde de novillos en forma intensiva. Montevideo, INIA. pp. 19 – 22. (Serie Técnica no. 135).
114. Waldo, D. 1986. Effect of forage quality on intake and forage-concentrate interaction. *Journal Dairy Science*. 69(2): 617 – 631.
115. Wales, W. J.; Doyle, P. T.; Dellow, D. W. 1998. Dry matter intake, nutrient selection by lactating cows grazing irrigated pastures: at pastures at different pasture allowance in summer and autumn. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 38(4): 451 – 460.
116. Warren, E.; Martz, F.; Asay, K.; Hill der Brand, E.; Payne, C.; Vogt, J. 1974. Digestibility and rate of passage by steers fed tall fescue, alfalfa and orchardgrass hay in 18 and 32°C ambient temperatures. *Journal of Animal Science*. 39(1): 93 – 96.
117. Wedin, W. F. 1970. Digestible dry matter, crude protein and dry matter yields of grazing type sorghum cultivars as affected by harvest frequency. *Agronomy Journal*. 62(3): 359 – 363.
118. Wiersma, F. 1990. THI for dairy cows. Tucson, University of Arizona. s.p.
119. Wilson, S. J.; Marion, J. N.; Spiers, D. E.; Keisler, D. H.; Lucy, M. C. 1998. Effects of controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle: 1. lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 81(8): 2124 – 2131.
120. Yousef, M. K. 1985. Stress physiology in livestock. Vol. 1: basic principles. Boca Ratón, CRC. 217 p.

9. ANEXOS

Anexo 1: Temperatura, humedad y precipitaciones históricas (1961-1990)

	ENE	FEB	MAR	ANUAL
Temperatura media	24,8	23,7	21,6	17,9
Temperatura máxima media	31,5	30	27,6	23,8
Temperatura mínima media	18,3	17,6	15,7	12,2
Humedad relativa (%)	65	69	72	73
Precipiracion acumulad mensual (mm)	100	131	147	1218

Anexo 2: Temperatura, humedad y precipitaciones del periodo experimental

	T promedio	T Max	T Min	Hum %	Precipitación
1/1/2021	24,0	32,6	14,1	45,6	0,0
2/1/2021	26,2	34	16,9	44,8	0,0
3/1/2021	25,4	32,2	17,9	46,6	0,0
4/1/2021	27,1	34,1	20,1	52,6	0,0
5/1/2021	26,5	33,3	22	61,1	0,0
6/1/2021	23,9	29,6	19,7	67,2	0,2
7/1/2021	25,1	32,8	17,2	49,0	0,0
8/1/2021	27,7	36,1	18,1	38,3	0,0
9/1/2021	24,7	31,4	19,8	52,4	0,0
10/1/2021	28,1	35,9	19,3	57,4	0,0
11/1/2021	22,3	29,5	18,3	78,8	10,6
12/1/2021	20,7	25,9	17,3	85,0	0,2
13/1/2021	22,8	30,1	15,9	63,3	0,0
14/1/2021	24,2	31,5	16,4	55,9	0,0
15/1/2021	22,5	27,3	19,2	75,1	0,6
16/1/2021	23,1	28,3	18,3	85,0	0,2
17/1/2021	21,7	27	17,2	63,5	0,0
18/1/2021	22,6	30,9	13,5	50,5	0,0
19/1/2021	24,9	32,7	16,4	47,8	0,0

20/1/2021	26,4	33,8	17,8	46,2	0,0
21/1/2021	26,2	33,6	18,3	56,9	0,0
22/1/2021	27,2	34	20,3	58,3	0,0
23/1/2021	28,7	35,4	22,2	60,6	0,0
24/1/2021	30,0	36,4	23,2	54,2	0,0
25/1/2021	28,9	36,2	21,1	53,3	0,0
26/1/2021	25,3	30,2	22,2	74,1	21,2
27/1/2021	25,0	31,2	21,3	85,1	0,0
28/1/2021	25,4	31,2	20,1	74,9	0,0
29/1/2021	24,3	29,3	20	72,9	0,0
30/1/2021	20,7	23,6	15,9	87,7	34,0
31/1/2021	19,1	22,9	15,3	93,3	0,4
1/2/2021	21,5	25,8	25,6	94,3	0,6
2/2/2021	20,5	22,8	22,7	94,1	2,8
3/2/2021	20,9	22,4	21,8	94,7	7,0
4/2/2021	20,7	25,8	17,7	87,9	0,0
5/2/2021	21,1	28,1	15,2	69,8	0,0
6/2/2021	21,9	30,2	12,2	62,2	0,0
7/2/2021	24,8	31,3	17,2	60,9	0,0
8/2/2021	25,1	31,7	18,4	62,5	0,0
9/2/2021	22,3	28,1	17,6	71,8	0,0
10/2/2021	21,6	26,2	18,2	79,9	0,2
11/2/2021	22,3	27,2	19,2	83,4	2,8
12/2/2021	21,4	27,9	18,4	83,2	7,0
13/2/2021	22,9	29,5	16,8	79,9	0,2
14/2/2021	24,3	29,5	19,3	72,5	0,0
15/2/2021	23,7	28,7	19,4	71,4	0,0
16/2/2021	21,5	26,8	16,9	64,9	0,0
17/2/2021	21,3	27,8	14,9	64,5	0,0
18/2/2021	23,5	31,9	16,2	60,9	0,0
19/2/2021	23,9	29,1	18,1	60,3	0,0
20/2/2021	22,2	29,8	14,2	57,2	0,0
21/2/2021	24,2	32,4	14,7	58,5	0,0
22/2/2021	25,4	31,7	19,2	66,2	0,0
23/2/2021	24,5	29,7	20,4	72,4	0,0
24/2/2021	23,2	31,7	13,7	57,8	0,0
25/2/2021	24,8	32,7	15,6	51,2	0,0
26/2/2021	25,4	32,8	18,7	50,7	0,0
27/2/2021	25,9	32,3	19,4	59,8	0,0

28/2/2021	25,9	32,4	19,4	61,3	0,0
1/3/2021	26,1	32,3	20,2	66,9	0,0
2/3/2021	26,2	32,3	21	73,1	0,0
3/3/2021	26,2	31,6	21,6	71,6	0,0
4/3/2021	23,3	28,3	20,3	83,0	7,4
5/3/2021	21,5	26,5	17,3	84,5	0,2
6/3/2021	19,7	26,2	12,7	70,3	0,0
7/3/2021	22,1	29,1	13,9	64,7	0,0
8/3/2021	23,0	29,3	16,2	65,9	0,0
9/3/2021	23,2	30,6	16,5	68,9	0,0
10/3/2021	23,7	30,6	17,2	63,5	0,0
11/3/2021	23,8	31,9	15,8	60,7	0,0
12/3/2021	24,7	32,2	18,1	63,9	0,2
13/3/2021	23,6	31,3	18	66,7	0,0
14/3/2021	23,4	31,2	14,9	51,3	0,0
15/3/2021	23,8	30,8	18,1	56,3	0,0
16/3/2021	20,6	22,9	18,6	80,8	12,2
17/3/2021	18,4	19,7	16,3	89,9	0,8
18/3/2021	16,2	22,3	10,3	78,0	0,0
19/3/2021	19,6	26,1	13	70,1	0,0
20/3/2021	19,2	23,1	16,9	85,2	22,4
21/3/2021	19,4	23,3	16,5	94,8	0,0
22/3/2021	19,3	23,7	14,7	92,1	0,2
23/3/2021	20,4	26,2	14,7	87,3	0,4
24/3/2021	22,1	26,8	18,2	84,0	0,0
25/3/2021	21,7	25	19,4	87,8	14,6
26/3/2021	20,3	22,9	17,7	93,9	0,0
27/3/2021	17,9	19,9	14,9	94,2	0,2
28/3/2021	17,5	21,6	14,4	92,4	0,0
29/3/2021	17,9	23,1	13,6	88,5	0,2
30/3/2021	19,4	24,7	15,7	78,4	0,2
31/3/2021	17,8	23,6	11,7	72,6	0,0

Anexo 3: No. de días con T media y T Max > 25

	Días con T> 25	D con Max >25
Enero	15	29
Febrero	5	26
Marzo	3	18

Anexo 4: Datos de HLI e ITH diario.

	HLI SOMBRA	HLI SOL	ITH
23/1/2021	79	82	75
24/1/2021	75	78	80
25/1/2021	75	77	76
26/1/2021	72	73	79
27/1/2021	74	77	74
28/1/2021	71	75	79
29/1/2021	70	72	77
30/1/2021	54	58	72
31/1/2021	49	55	73
1/2/2021	72	76	77
2/2/2021	62	68	73
3/2/2021	60	62	77
4/2/2021	64	69	70
5/2/2021	63	68	76
6/2/2021	65	70	71
7/2/2021	68	71	65
8/2/2021	68	72	64
9/2/2021	60	64	69
10/2/2021	62	66	68
11/2/2021	70	74	73
12/2/2021	64	68	67
13/2/2021	75	81	70
14/2/2021	71	75	69
15/2/2021	67	71	69

16/2/2021	61	65	66
17/2/2021	59	65	70
18/2/2021	66	70	65
19/2/2021	64	66	70
20/2/2021	64	68	63
21/2/2021	67	71	74
22/2/2021	70	74	69
23/2/2021	74	84	76
24/2/2021	69	71	71
25/2/2021	70	71	75
26/2/2021	69	72	67
27/2/2021	77	76	72
28/2/2021	77	81	67
1/3/2021	77	82	71
2/3/2021	79	84	68
3/3/2021	79	86	74
4/3/2021	72	88	70
5/3/2021	72	78	68
6/3/2021	67	72	68
7/3/2021	69	72	76
8/3/2021	72	77	71
9/3/2021	71	75	74
10/3/2021	70	75	70
11/3/2021	70	74	73
12/3/2021	72	84	67
13/3/2021	70	80	68
14/3/2021	64	74	65
15/3/2021	67	72	71
16/3/2021	61	84	67
17/3/2021	51	57	74
18/3/2021	55	58	69
19/3/2021	54	59	72
20/3/2021	56	66	64
21/3/2021	62	65	72
22/3/2021	63	67	66

Anexo No. 5. Análisis de la varianza para peso vivo

Efecto	Núm DF	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Variable dependiente: Peso vivo inicio, R-cuadrado= 0,248				
TRAT	1	37,50	1,32	0,3141
Variable dependiente: Peso Vivo pesada 2, R-cuadrado= 0,919				
TRAT	1	15,97	5,28	0,1053
PVINI	1	102,91	33,99	0,0101
Variable dependiente: Peso Vivo pesada 3, R-cuadrado= 0,9850				
TRAT	1	0,06	0,11	0,7662
PVINI	1	88,82	144,65	0,0012
Variable dependiente: Peso Vivo pesada 4, R-cuadrado= 0,8692				
TRAT	1	0,29	0,04	0,8581
PVINI	1	121,47	15,71	0,0287
Variable dependiente: Peso Vivo pesada 5, R-cuadrado= 0,8826				
TRAT	1	25,53	4,29	0,1300
PVINI	1	133,49	22,45	0,0178
Variable dependiente: Peso Vivo final, R-cuadrado= 0,8677				
TRAT	1	51,65	8,32	0,0633

PVINI	1	118,04	19,02	0,0223
-------	---	--------	-------	--------

Donde: TRAT es tratamiento, PVINI es peso vivo inicial.

Anexo No. 6. Análisis de la varianza para ganancia media de peso

Efecto	Núm DF	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Variable dependiente: Ganancia media diaria, R-cuadrado= 0,777				
TRAT	1	0,013	14	0,0201
Variable dependiente: Ganancia media diaria primer periodo, R-cuadrado= 0,050				
TRAT	1	0,000	0,21	0,6692
Variable dependiente: Ganancia media diaria segundo periodo, R-cuadrado= 0,8161				
TRAT	1	0,0322	17,76	0,0135

Donde: TRAT es tratamiento.

Anexo No. 7. Análisis de la varianza para disponibilidad de forraje

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	4	4,79	0,0939
SEMANA	9	36	24,73	<.0001
TRAT*SEMANA	9	36	4,37	0,0007

Anexo No. 8. Análisis de la varianza para altura de pastura

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	4	2,44	0,1930
SEMANA	9	36	96,66	<.0001
TRAT*SEMANA	9	36	3,64	0,0026

Anexo No. 9. Análisis de la varianza para rechazó en kg/ha

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	4	5,05	0,0879
SEMANA	9	36	108,73	<.0001
TRAT*SEMANA	9	36	6,06	<.0001

Anexo No. 10. Análisis de la varianza para altura de rechazo

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	4	3,19	0,1486
SEMANA	9	36	75,11	<.0001
TRAT*SEMANA	9	36	6,02	<.0001

Anexo No.11. Análisis de la varianza para utilización de forraje

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	4	1,07	0,3599
SEMANA	9	36	36,56	<.0001
TRAT*SEMANA	9	36	1,47	0,1964

Anexo No. 12. Análisis de la varianza para asignación de forraje efectiva

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	4	0,17	0,6785
SEMANA	9	40	4,15	0,0008
TRAT*SEMANA	9	40	0,43	0,9116

Anexo No. 13. Análisis de la varianza para altura diaria de la pastura AM

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	4	6,88	0,0587
SEMANA	2	5	250,92	<.0001
DIA_DENTROSEM	5	20	46,02	<.0001
TRAT*DIA_DENTROSEM	5	20	0,41	0,8391

Anexo No. 14. Análisis de la varianza para altura diaria de la pastura PM

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	4	5,51	0,0788
SEMANA	2	5	248,83	<.0001
DIA_DENTROSEM	5	20	56,45	<.0001
TRAT*DIA_DENTROSEM	5	20	0,70	0,6295

Anexo No. 15. Análisis de la varianza para defoliación diaria (desaparecido, cm)

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	4	7,74	0,0497
SEMANA	2	5	9,2	0,0211
DIA_DENTROSEM	5	20	32,77	<.0001
TRAT*DIA_DENTROSEM	5	20	0,71	0,6244

Anexo No. 16. Análisis de la varianza para defoliación diaria (desaparecido, %)

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	4	7,74	0,0497
SEMANA	2	5	9,2	0,0211
DIA_DENTROSEM	5	20	32,77	<.0001
TRAT*DIA_DENTROSEM	5	20	0,71	0,6244

Anexo No. 17. Análisis de la varianza para porcentaje de la defoliación diaria respecto al total diario.

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	4	2,43	0,1942
SEMANA	2	5	2,44	0,1819
DIA_DENTROSEM	4	16	0,31	0,8693
TRAT*DIA_DENTROSEM	4	16	0,81	0,5371

Anexo No. 18. Análisis de la varianza para análisis químicos de muestras de forraje

Efecto	Núm DF	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Variable dependiente: Hand clipping cenizas, R-cuadrado= 0,2606				
TRAT	1	0,3750	1,41	0,3007
Variable dependiente: Hand clipping proteína cruda, R-cuadrado= 0,2749				
TRAT	1	0,4537	1,52	0,2855
Variable dependiente: Hand clipping fdn, R-cuadrado= 0,1649				
TRAT	1	0,4004	0,79	0,4243
Variable dependiente: Hand clipping fda, R-cuadrado= 0,4450				
TRAT	1	0,6534	3,21	0,1478
Variable dependiente: Hand clipping dms, R-cuadrado= 0,4475				
TRAT	1	0,3952	3,24	0,1462

Anexo No. 19. Análisis de la varianza para frecuencia respiratoria AM

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	140	7,34	0,0076
SEMANA	4	140	5,64	0,0003
DIA_DENTROSEM	2	164	0,37	0,6924
TRAT*SEMANA	4	140	2,61	0,0382
TRAT*DIA_DENTROSEM	2	164	0,39	0,6765

Anexo No. 20. Análisis de la varianza para frecuencia respiratoria PM

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	139	56,88	<.0001
SEMANA	4	139	18,69	<.0001
DIA_DENTROSEM	2	152	2,59	0,0783
TRAT*SEMANA	4	139	0,77	0,5454
TRAT*DIA_DENTROSEM	2	152	3,29	0,0399

Anexo No. 21. Análisis de la varianza para temperatura rectal AM

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	140	0,77	0,3814
SEMANA	4	140	31,93	<.0001
DIA_DENTROSEM	2	174	0,15	0,8597
TRAT*SEMANA	4	140	2,85	0,0260
TRAT*DIA_DENTROSEM	2	174	0,17	0,8415

Anexo No. 22. Análisis de la varianza para actividad de pastoreo (búsqueda más efectivo)

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	16	2,74	0,1171
SEMANA	2	32	66,56	<.0001
TRAT*SEMANA	2	32	1,67	0,2043

Anexo No. 23. Análisis de la varianza para actividad de pastoreo efectivo (proporción del pastoreo total)

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	16	0,66	0,4287
SEMANA	2	32	1,39	0,2631
TRAT*SEMANA	2	32	0,51	0,6026

Anexo No. 24. Análisis de la varianza para actividad de rumia

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	16	2,19	0,1582
SEMANA	2	32	9,33	0,0006
TRAT*SEMANA	2	32	0,72	0,4962

Anexo No. 25. Análisis de la varianza para actividad de descanso (echado más parado)

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	16	1,04	0,3231
SEMANA	2	32	54,17	<.0001
TRAT*SEMANA	2	32	0,60	0,5558

Anexo No. 26. Análisis de la varianza para actividad de descanso echado (prop de la actividad de descanso)

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	16	44,97	<.0001
SEMANA	2	32	4,00	0,0282
TRAT*SEMANA	2	32	4,09	0,0262

Anexo No. 27. Análisis de la varianza para actividad de consumo de agua

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TRAT	1	16	17,2	0,0008
SEMANA	2	32	7,52	0,0021
TRAT*SEMANA	2	32	4,81	0,0149

Anexo No. 28. Manejo sanitario

En el inicio del tratamiento se le suministro a los animales antiparasitario interno (fosfato de levamisol), además se aplicaba eventualmente polvo oftálmico con oxitetraciclina.

Anexo No. 29. Proporción del tiempo destinado a cada actividad de pastoreo, rumia, descanso y acceso a la sombra.

	Periodo del día		
	07-11	11-15	15-19
Acceso a sombra	33%	44%	22%
Descanso	29%	27%	15%
Rumia	20%	26%	10%
Pastoreo CS	20%	16%	62%
Pastoreo SS	30%	22%	51%