

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESTRATEGIAS DE MANEJO DEL PASTOREO Y RESPUESTA A LA  
SUPLEMENTACIÓN EN NOVILLOS PASTOREANDO SORGO FORRAJERO

por

Eduardo Matías TAGLIANI ROMERO  
Mauro Gastón TAÑO CUELLO

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

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2021

Tesis aprobada por:

Director:

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

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

-----  
Dr. (MSc.) Juan Franco

Fecha: 22 de marzo de 2021

Autores:

-----  
Eduardo Matías Tagliani Romero

-----  
Mauro Gastón Taño Cuello

## 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.

Al Sr. Diego Mosqueira, por su colaboración en el manejo de los animales y a las compañeras de la cátedra de bovinos de carne 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 DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	1
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1 <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	3
2.2 <u>SORGO FORRAJERO</u> .....	4
2.2.1 <u>Producción</u> .....	4
2.2.2 <u>Valor nutritivo</u> .....	6
2.2.3 <u>Respuesta animal al pastoreo de verdes en verano</u> .....	7
2.3 <u>SUPLEMENTACIÓN EN PASTOREO</u> .....	9
2.3.1 <u>Suplementación proteica-energética</u> .....	9
2.3.2 <u>Respuesta animal a la suplementación con concentrados</u> .....	12
2.3.3 <u>Granos secos de destilería (DDGS)</u> .....	13
2.3.3.1 <u>Respuesta animal a la suplementación con DDGS</u> .....	15
2.4 <u>ESTRÉS POR CALOR EN GANADO DE CARNE</u> .....	18
2.4.1 <u>Índice de temperatura y humedad (ITH)</u> .....	18
2.4.2 <u>Indicadores del estrés por calor en el animal y factores predisponentes</u> ...	20
2.4.3 <u>La sombra como estrategia para mitigar el riesgo de estrés calórico</u> .....	21
2.4.3.1 <u>Conducta animal</u> .....	22
2.4.3.2 <u>Desempeño productivo</u> .....	23
2.5 <u>LA SOMBRA ASOCIADA A LA RESTRICCIÓN EN EL TIEMPO DE ACCESO A LA PASTURA</u> .....	23
2.6 <u>HIPÓTESIS</u> .....	25
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	26
3.1 <u>UBICACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL</u> .....	26
3.2 <u>SUELO</u> .....	26
3.3 <u>INFRAESTRUCTURA</u> .....	26
3.4 <u>ALIMENTOS</u> .....	26
3.4.1 <u>Suplemento</u> .....	27
3.5 <u>ANIMALES</u> .....	27

3.6 TRATAMIENTOS .....	27
3.7 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	28
3.8 REGISTRO Y MEDICIONES .....	29
3.8.1 <u>Peso vivo</u> .....	29
3.8.2 <u>Biomasa y altura del forraje disponible</u> .....	29
3.8.3 <u>Consumo</u> .....	29
3.8.4 <u>Patrón de comportamiento ingestivo</u> .....	30
3.8.5 <u>Patrón de defoliación</u> .....	30
3.8.7 <u>Indicadores de estrés por calor</u> .....	30
3.8.8 <u>Registros meteorológicos</u> .....	31
3.9 ANÁLISIS QUÍMICOS .....	31
3.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS .....	32
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	34
4.1 REGISTROS CLIMÁTICOS .....	34
4.2 CARACTERÍSTICAS DE LA BASE FORRAJERA.....	37
4.2.1 <u>Caracterización del forraje disponible</u> .....	37
4.2.2 <u>Caracterización del forraje rechazado</u> .....	38
4.2.3 <u>Utilización de forraje</u> .....	38
4.3 CONSUMO .....	40
4.3.1 <u>Consumo de forraje</u> .....	41
4.3.2 <u>Consumo de suplemento</u> .....	41
4.4 COMPORTAMIENTO ANIMAL .....	42
4.4.1 <u>Tiempo de pastoreo, rumia y descanso</u> .....	42
4.4.2 <u>Patrón temporal de pastoreo, rumia y descanso</u> .....	43
4.4.3 <u>Defoliación de la pastura</u> .....	47
4.4.4 <u>Indicadores de estrés térmico</u> .....	48
4.5 GANANCIA DE PESO VIVO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN DEL SUPLEMENTO .....	50
4.6 DISCUSIÓN GENERAL .....	53
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	55
6. <u>RESUMEN</u> .....	56
7. <u>SUMMARY</u> .....	57
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	58
9. <u>ANEXOS</u> .....	77

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Rendimiento de materia seca en kg/ha para el 1º., 2º., 3º., 4º. corte y total, altura de entrada y días transcurridos al corte para la zafra 2013-2014 y 2018-2019.....	5
2. Disponibilidad de materia seca, números de pastoreos y porcentaje de utilización de sorgo forrajero y sudangrás para distintas cargas .....	5
3. Valor nutritivo de forraje ofrecido de sorgo forrajero para pastoreo o experimentos simulando pastoreos.....	6
4. Resumen de resultados de investigaciones nacionales sobre pastoreo de verdes, de verano con distintos manejos, sudangrás vs. sorgo forrajero.....	8
5. Requerimientos de energía y proteína metabolizable para mantenimiento y engorde para ganado en crecimiento y terminación.....	11
6. Resumen de resultados de investigaciones nacionales sobre pastoreo de verdes de verano con y sin suplementación.....	12
7. Composición química de granos secos de destilería.....	14
8. Efecto de la suplementación con DDGS en pastoreo de forrajes libre o en confinamiento para bovinos de carne.....	17
9. Efecto de la suplementación con DDGS sobre la ingesta en novillos confinados.....	18
10. Composición química del DDGS utilizado como suplemento.....	27
11. Escalas de jadeos asignados a novillos.....	31
12. Temperaturas diarias media, máxima, mínima, humedad relativa, precipitaciones y el promedio mensual de ITH.....	34
13. Disponibilidad, altura y composición química del sorgo forrajero ofrecido para pastoreo.....	38
14. Biomasa y altura promedio del material rechazado por cada tratamiento.....	39

15. Efecto del manejo del pastoreo y la suplementación sobre el consumo de materia seca.....	40
16. Efecto de la suplementación y del manejo del pastoreo sobre las actividades de pastoreo, rumia y descanso, expresado como proporción del tiempo, junto a la tasa de bocado a la mañana, a la tarde y promedio para cada tratamiento.....	42
17. Efecto de la suplementación y del manejo del pastoreo sobre la tasa respiratoria a la mañana, a la tarde y promedio, y las escalas score de jadeo con sus porcentajes correspondientes según el tratamiento.....	49
18. Efecto de la suplementación y del manejo del pastoreo sobre la performance de novillos pastoreando sorgo forrajero.....	51

Figura No.

1. Riesgo de estrés calórico en los animales (vacas lecheras) de acuerdo al valor del índice de temperatura y humedad relativa ambiental.....	19
2. Proporción de cada intervalo de ITH para los primeros cuatro meses del 2019.....	35
3. Efectos de la sombra en el ITH calculado con el registro de globos negros al sol y a la sombra.....	36
4. Utilización de pasturas para los diferentes tratamientos.....	39
5. Porcentaje del tiempo dedicado a pastoreo en dos períodos del día para los distintos tratamientos.....	44
6. Porcentaje del tiempo dedicado a rumia en tres períodos del día para los distintos tratamientos.....	46
7. Porcentaje del tiempo dedicado a descanso en tres períodos del día para los distintos tratamientos.....	47
8. Efecto de la suplementación, el manejo del pastoreo y de la sombra sobre el patrón diario de defoliación durante el tiempo de permanencia en una franja.....	48
9. Evolución de peso vivo de novillos pastoreando sorgo forrajero.....	50

## 1. INTRODUCCIÓN

La utilización de verdeos de verano, como el sorgo forrajero, contribuye con elevada producción de forraje en una época del año donde la producción y la calidad observadas en las pasturas cultivadas decaen, afectando negativamente la ganancia de peso vivo de vacunos en crecimiento, y disminuyendo marcadamente la productividad estival de los sistemas intensivos de engorde de ganado de carne en el Uruguay (Simeone, 2000).

Este tipo de forraje muy adaptado al verano, con elevada producción de materia seca y buena calidad, permitiría soportar cargas elevadas con ganancias de peso variables según condiciones y manejos, dando la posibilidad de obtener buenas ganancias individuales y alta producción de carne por hectárea.

Además, el estrés térmico por calor, asociado a elevada temperatura y humedad relativa durante el verano contribuye negativamente sobre la producción animal, reduciendo el consumo voluntario e incrementando los requerimientos de mantenimiento (NRC, 1996), afectando negativamente el balance energético animal. Para afrontar lo descrito anteriormente existen dos posibles alternativas: bajar los requerimientos energéticos o por el contrario elevar el consumo de energía.

Diferentes trabajos demuestran que el uso de suplementos energético-proteicos por un lado, como el DDGS; o bien, cambios en el manejo del pastoreo que mejoren el confort térmico del animal podrían impactar positivamente sobre la performance durante el período estival, logrando respuestas directas como ganancias de peso vivo. Las estrategias asociadas al manejo del pastoreo conjuntamente al suministro de concentrados energético-proteicos, fueron evaluadas sobre pasturas perennes templadas con resultados positivos, pero la relación pastura-animal-suplemento podrían cambiar cuando la especie utilizada para pastoreo es el sorgo forrajero.

En función de ello, el objetivo de este trabajo fueron evaluar el efecto de diferentes estrategias de pastoreo, combinando el uso de la sombra y la suplementación (DDGS), sobre la performance de novillos Hereford de sobreaño que pastan sorgo forrajero.

### 1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la restricción en el tiempo de acceso a la pastura, a través del encierro diurno con sombra y agua, y de la suplementación energético-proteica sobre la performance de vacunos en crecimiento pastoreando sorgo forrajero.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Caracterizar el patrón de evolución de peso vivo durante el verano en novillos pastoreando sorgo forrajero, bajo diferentes manejos.

Evaluar la eficiencia de utilización del forraje, consumo de materia seca de forraje y eficiencia de conversión del concentrado, bajo diferentes manejos de pastoreo.

Describir el patrón de comportamiento ingestivo en cada tratamiento y determinar parámetros de estrés térmico como variables interpretativas de la performance animal.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 INTRODUCCIÓN

El desarrollo e implementación de estrategias de alimentación y manejo, especializadas, que potencien la producción y maximicen la eficiencia de la producción de carne bovina, determinan mejoras en la productividad y eficiencia de la ganadería, disminuyendo la edad de faena (Soares de Lima y Montossi, 2010).

Las especies subtropicales, como sudangrás, sorgo y sus híbridos, son ideales para llenar los momentos de crisis forrajera estival (Vaz Martins et al., 2003), siendo una estrategia que permite mejorar la ganancia de peso de bovinos y aumentar la capacidad de carga y productividad del predio (Sawchik 2012, Rovira y Echeverría 2013).

Estos verdeos tradicionales formados por gramíneas anuales estivales, producen alta cantidad de materia seca y se adaptan a variados ambientes, pero la productividad animal puede verse afectada ya que ofrecen insuficiente calidad, lo que se vuelve más importante a medida que avanza el ciclo de la pastura, evidenciando con esto que la baja calidad de las pasturas tropicales son la principal limitante para el desempeño animal en climas templados (Macon et al., 2002).

Los cultivos forrajeros anuales estivales y la suplementación con granos, subproductos y concentrados de la agricultura y/o concentrados elaborados, se tornan especialmente útiles para levantar las limitantes que se presentan en verano en el Uruguay (Lagomarsino y Montossi, 2014). En este sentido la suplementación mejorarían el consumo total de energía y proteína, no sólo debido a un efecto directo de adición, sino potencialmente a través del aporte proteico mejorando la tasa de digestión ruminal de la pastura y aumentando su consumo (Orskov, citado por Baldi et al., 2001).

Por otro lado, los bovinos están adaptados a responder ante una amplia variabilidad en el ambiente meteorológico, sin embargo, condicionantes meteorológicas de altas temperaturas y humedad conocidas como olas de calor pueden resultar en enormes pérdidas económicas por su efecto significativo sobre los animales (Nienaber et al., citados por Saravia, 2009), por eso, el acceso a sombra en las horas más calurosas del día podrían ser una alternativa factible para apaciguar esas pérdidas, disminuyendo la energía neta de mantenimiento.

## 2.2 SORGO FORRAJERO

Según Douglas, citado por Silungwe (2011) los sorgos forrajeros se clasifican en tres grupos: sorgo dulce, sudangrás e híbridos de sorgo x sudangrás, estos muestran diferencias morfológicas entre ellos. A través de extensos trabajos de cruzamientos y selección, han sido creados los híbridos de los sorgos forrajeros (*Sorgo bicolor* x *Sorghum sudanense*) para mejorar el potencial de rendimiento, la capacidad de rebrote, el número de macollos por planta, vigor, digestibilidad, resistencia a enfermedades y plagas, y bajo contenido de ácido cianhídrico (HCN, Kalton, citado por Silungwe, 2011).

Las variedades de sorgos forrajeros y sudangrás también se han mejorado al cruzarlas con mutantes de sorgos que contienen el gen Brown Mid Rib (BMR) para mejorar el rendimiento y la digestibilidad (Miron et al., 2007), debido a una disminución del contenido de lignina y la concentración de la pared celular en la materia seca (Vasconcelos et al. 2003, Casler et al. 2003, Miller y Stroup 2003, Mc Cuiston et al. 2005, Schwarz et al. 2008, Contreras-Govea et al. 2010).

En cuanto al manejo, Carámbula (2007) aconseja entrar a pastorear con 60 centímetros aproximadamente, ya que el crecimiento foliar alcanza su máximo cuando la planta llega a una altura de 75 centímetros, lo cual indicaría que luego de ésta el crecimiento está dado principalmente por tallos, y como remanente dejar un rastrojo de 15 centímetros. Este manejo resulta ser el más recomendado para cualquier tipo de sorgo para pastoreo.

### 2.2.1 Producción

En Uruguay, bajo condiciones ambientales favorables, los sorgos forrajeros pueden rendir entre 13 y 20 toneladas de materia seca (MS) por hectárea con cosechas sucesivas, y entre 19 y 26 toneladas de materia seca por hectárea con un único corte final (Fassio et al., 2002).

El cuadro No. 1 muestra los resultados obtenidos en las evaluaciones de materiales forrajeros realizados por INASE para las zafras 2013-2014 y 2018-2019. Dichos resultados corresponden a la época 1 de evaluación con fecha de siembra de 25 de octubre de 2013 y 5 de noviembre de 2019, con cortes a una altura del remanente que varía entre 10 y 15 centímetros. En 2013 el 37 % de los cultivares de sorgo forrajero corresponde a materiales de primer año en evaluación, mientras que un 26 % del total son sorgos BMR, en 2018 el 50 % de los cultivares de sorgo forrajero corresponde a materiales de primer año en evaluación, y un 40 % del total son sorgos BMR.

Cuadro No. 1. Rendimiento de materia seca en kg/ha para el 1°, 2°, 3°, 4° corte y total, altura de entrada y días transcurridos al corte para la zafra 2013-2014 y 2018-2019

AÑO		Fechas de corte				Total kg/ha
		23-dic.	20-ene.	17-feb.	10-abr.	
2013-14	Rendimiento MS (kg/ha)	3628	3852	2704	4341	14524
	Altura de entrada (m)	0,95	0,97	1,05	1,17	
	Días al corte	59	28	28	52	
		08-ene.	04-feb.	15-mar.		
2018-19	Rendimiento MS (kg/ha)	3572	3418	2793		9827
	Altura de entrada (m)	1,07	0,82	0,94		
	Días al corte	65	27	39		

Fuente: adaptado de INIA e INASE (2014, 2019).

A diferencia del cuadro anterior, el cuadro No. 2 recopila información y resultados de disponibilidad, números de pastoreos y el porcentaje de utilización que se obtuvieron en sorgo forrajero y sudangrás por distintos experimentos realizados con animales en pastoreo.

Cuadro No. 2. Disponibilidad de materia seca, números de pastoreos y porcentaje de utilización de sorgo forrajero y sudangrás para distintas cargas

Autores*	Características	Disponibilidad (kg MS/ha)	No. de pastoreos	Utilización (%)
1.	Sg., 18 nov./ha (CP)	4100	1°.	s/d
	Sg., 5,2 nov./ha (CP)	2600	2°.	s/d
	Sg., 4,0 nov./ha (CP)	1200	3°.	s/d
2.	Sg., 19,2 nov./ha (CI), 6,6 % AF	10434	1°.	52,5
		1732	2°., 3°.	s/d
3.	Sd., 5,3 nov./ha (CP)	4480	1°., 2°., 3°.	54,1
4.	Sd., 7 nov./ha (CP)	6266	1°.	46,3
		4498	2°.	54,0
5.	Sd., 5 nov./ha (CP) y 20 nov./ha (CI)	3749	1°.	40
		2252	2°.	s/d
6.	Sg., 23-24 nov./ha (CI)	6845	1°.	s/d
		9550	2°.	s/d
		6935	3°.	s/d
7.	Sd./Sg., 7,5 nov./ha (CP)	3427	1°., 2°., 3°.	53,4
	Sd./Sg., 7,5 nov./ha (CP)	5508	1°., 2°.	49,2
	Sg., 7,5 nov./ha (CP)	2610	1°., 2°., 3°.	52,6
	Sg., 10 nov./ha (CP)	2189	1°., 2°., 3°.	52,4

Donde: Sg. es igual a sorgo forrajero, Sd. es sudangrás, CP es carga promedio, CI es carga instantánea y AF es asignación foliar. \*Autores: 1. Cóser et al. (1997), 2. Berlangieri (2008), 3. Rovira (2012c), 4. Velazco et al. (2012a), 5. Velazco y Rovira (2012b), 6. Rovira y Echeverría (2013) y 7. Lagomarsino et al. (2017).

El cuadro anterior muestra gran variabilidad en la disponibilidad de los forrajes ofrecidos, la capacidad que tienen esos verdes de soportar altas cargas y la baja utilización que se logra en este tipo de materiales, la cual ronda el 50 % en promedio.

Berlangieri (2008) reportó un coeficiente de regresión de  $R^2 = 0,94$  entre altura y disponibilidad de forraje, donde por cada centímetro de aumento en la altura del forraje, la materia seca disponible aumentaría en promedio 61,5 kg MS/ha.

Según Mc Cuiston et al. (2005), novillos pastoreando sorgo forrajero (BMR) lograron ganancias máximas a una carga de 4,6 nov./ha, por otra parte la producción máxima de carne por hectárea se asoció a una carga de 5,3 nov./ha.

### 2.2.2 Valor nutritivo

En el cuadro No. 3 se presentan los parámetros más relevantes en cuanto a valores nutritivos que pueden presentar estos verdes de verano, en diversos años y experimentos.

Cuadro No. 3. Valor nutritivo de forraje ofrecido de sorgo forrajero para pastoreo o experimentos simulando pastoreos

Autores*	Materiales	Parámetros			
		PC (% MS)	FDA (% MS)	FDN (% MS)	DMS (% MS)
1.	Sorgo forrajero	7,5	41,9	s/d	59,2
2.	Sudangrás	7,6	44,3	68,4	59,3
3.	Sorgo forrajero (2012)	9,2	37,8	62,9	59,5
	Sorgo forrajero (2013)	11,0	34,9	61,7	61,7
	Sorgo forrajero (2014)	9,1	38,2	64,7	59,2
	Sorgo forrajero (2015)	8,4	50,1	64,7	49,9
4.	Sorgo forrajero	13,4	34,4	58,6	s/d
	Promedio:	9,4	40,2	63,5	58,1

Donde: PC es equivalente a proteína cruda, FDA es fibra detergente ácido, FDN es fibra detergente neutro y DMS es digestibilidad de la materia seca. \*Autores: 1. Mieres et al. (2004), 2. Velazco et al. (2012a), 3. Lagomarsino et al. (2017) y 4. INIA e INASE (2019).

Gallarino (2008) menciona que uno de los problemas que se presentan a la hora de manejar los sorgos forrajeros es su rápido crecimiento inicial y como consecuencia de ello, éstos maduran rápidamente perdiendo su calidad y disminuyendo su producción

futura. Esto se acentúa más en cultivares híbridos, provocando una rápida reducción en la calidad del forraje (Bean et al., 2009).

A medida que se desarrollan, la digestibilidad y el contenido de proteína cruda disminuyen drásticamente, mientras que la fibra detergente neutro (FDN) y el contenido de fibra de detergente ácido (FDA) aumenta constantemente (Reid et al. 1964, Worker y Marble 1968), el contenido de grasa y cenizas se reduce (Worker y Marble, 1968), la relación hoja/tallo también disminuye con el avance del desarrollo de las plantas de sorgo (Taylor et al., 1974). Por el contrario, el porcentaje de azúcares totales en sorgo forrajero y sudangrás aumenta con el retraso del pastoreo (Worker y Marble, 1968), la cantidad de lignina también aumenta con el desarrollo, para permitir que las plantas soporten su peso (Mc Donald, citado por Silungwe, 2011), por lo mismo es que aumentan las paredes celulares (Goering y Van Soest, 1970).

Silungwe (2011), señala que hubo una relación fuerte y positiva entre el rendimiento y la altura de la planta. La proteína cruda y la energía metabolizable se correlacionaron fuerte y positivamente entre ellas y negativamente con el rendimiento y la altura.

En relación a la proteína cruda Rovira y Echeverría (2013) registraron contenidos del orden de 12,9 % en hoja y 3,5 % en tallo. La variabilidad del porcentaje de proteína cruda que se pudiera encontrar, estaría fundamentada por la función de dilución de la proteína bruta (Lemaire et al., 2007).

Además los sorgos forrajeros tienen el potencial de liberar cianuro de hidrógeno o ácido prúsico (HCN) cuando es consumido por animales, porque la planta contiene el compuesto durrina cianogénica [(s) -p-hydroxymandelonitrato  $\beta$ -D-glucopyranoside] (Fjell et al., 1991). Los compuestos se acumulan en diferentes tejidos vegetales (hojas, plántulas, raíces y semillas) dependiendo de la especie en particular y desarrollo del cultivo (Gorz et al. 1977, Halkier y Moller 1989). Se desarrolla rápidamente en plantas que fueron sometidas a estrés (Wattenbarger et al. 1968, Loyd y Gray 1970).

En consecuencia, de las razones anteriores es recomendable para sudangrás no entrar al siguiente pastoreo hasta que la planta tenga por lo menos 46 centímetros de altura, sin embargo los híbridos tienen un potencial ligeramente mayor para la formación de HCN por lo que la altura recomendada para entrar es de 76 centímetros o más (Barnhart y Hartwig, 1993).

### 2.2.3 Respuesta animal al pastoreo de verdes en verano

En el siguiente cuadro se resumen algunos trabajos de investigaciones nacionales sobre pastoreos de sorgo forrajero y sudangrás, con y sin sombra; y otros efectos de manejo.

Cuadro No. 4. Resumen de resultados de investigaciones nacionales sobre pastoreo de verdeos de verano con distintos manejos, sudangrás vs. sorgo forrajero

TRATAMIENTO	PVI.	PVF.	GMD	DÍAS	REF.*
Sd. sin sombra (5,3 a./ha)	401	424	0,451	53	1.
Sd. con sombra (5,3 a./ha)	401	429	0,514	53	
Sd. 60 cm (5,7 a./ha)	192	290 a	0,888	118	
Sg. H1 60 cm (5,2 a./ha)	192	270 a	0,849	107	
Sg. H2 60 cm (5,9 a./ha)	192	277 a	0,980	107	2.
Sd. 100 cm (4,3 a./ha)	192	263 b	0,718	101	
Sg. H1 100 cm (3,9 a./ha)	192	266 b	0,788	92	
Sg. H2 100 cm (5,3 a./ha)	192	255 b	0,803	79	
Sg. BMR con rotativa (5,7 a./ha)	333	417	0,939	90	
Sg. BMR sin rotativa (5,7 a./ha)	333	401	0,760	90	3.
Sg. no BMR con rotativa (5,7 a./ha)	333	410	0,850	90	
Sg. no BMR sin rotativa (5,7 a./ha)	333	400	0,740	90	
Sd. sin sombra (7 a./ha)	277	312	0,473	68	
Sd. c./sombra restringida (7 a./ha)	278	312	0,511	68	4.
Sd. c./sombra libre acceso (7 a./ha)	279	317	0,541	68	
Sd. (5,8 a./ha)	304	378	0,823 b	73	5.
Sg. BMR (5,8 a./ha)	304	388	0,945 a	73	

Donde: PVI es igual a peso vivo al inicio en kg, PVF es peso vivo al final en kg, GMD es ganancia media diaria en kg a./día, H es híbrido, BMR es brown middle rid, Sg. es sorgo y Sd. es sudangrás. \*Referencia: 1. Rovira (2002), 2. Vaz Martins et al. (2003), 3. Berlangeri (2008), 4. Velazco et al. (2012a) y 5. Rovira y Echeverría (2013).

Fuente: adaptado de Lagomarsino et al. (2017).

El cuadro reúne resultados de varios experimentos con distintos valores de las variables independientes y efectos (genético, ambiente y año), donde se destaca el amplio rango de repuesta, a pesar de que cada trabajo usó categorías de animales y técnicas experimentales diferentes.

Si bien el cuadro anterior muestra en algunos casos muy buenas ganancias, una posible limitante que pueden presentar los sorgos forrajeros es su bajo contenido de proteína, la cual no es suficiente para mantener la producción de animales de alto potencial de crecimiento (Carámbula, 2007), también el 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.

Por lo tanto, podrían ser convenientes la introducción de manejos como la suplementación, la cual proporcionaría una fuente adicional de proteína y energía que serían de utilidad para mitigar la restricción de nutrientes.

## 2.3 SUPLEMENTACIÓN EN PASTOREO

La suplementación en los rumiantes es una alternativa válida para corregir y mejorar la disponibilidad de los nutrientes limitantes, tanto para los procesos fermentativos en el rumen, como su aporte para la digestión propia del animal. Con esta práctica se pueden obtener mejores eficiencias en el uso de los pastos de bajo valor nutritivo y mejorar las ganancias de peso (Pigurina, 1991).

En este sentido, cuando el forraje es de baja calidad, independientemente de que la disponibilidad sea alta o baja, la respuesta a la suplementación de animales en crecimiento o engorde puede ser muy importante en términos físicos y justificable en términos económicos (Orcasberro, 1991), debido a que permite corregir deficiencias proteicas o energéticas de diferentes bases forrajeras, posibilitando balancear la calidad de la ingesta de los bovinos en diferentes momentos del año, aumentando la eficiencia individual de los animales y ampliando las opciones de uso del forraje (Peruchena, 2003).

Dentro de los factores a considerar en una estrategia de suplementación, debe mencionarse los relativos al animal, a la pastura, al suplemento y a la interacción animal-pastura-suplemento. En todos los casos, la respuesta productiva a la suplementación dependerá de la disponibilidad de la pastura, además la carga es determinante del grado de utilización de la misma (Pigurina, 1991).

Según Pordomingo (2003), la respuesta en la mejora de la eficiencia total de producción se manifiesta a niveles de suplementación mayores al 0,75 % del peso vivo. El mismo autor, sostiene que, el alimento (forraje y suplementos) debe ser de alta digestibilidad para que se exprese una mejor conversión (kg peso vivo / kg de suplemento agregados).

Por otro lado, Mc Cuiston et al. (2011), registraron en animales pastoreando verdeos de verano una restricción de la disponibilidad de nutrientes al final del período de crecimiento, limitando las ganancias de peso por deficiencias en el contenido de energía y proteína de la dieta, por lo tanto la suplementación debería de cubrir ambas deficiencias.

### 2.3.1 Suplementación proteica-energética

Los animales con suplementación proteico-energética tienen mayor digestibilidad de la materia seca, así como también para los demás nutrientes, lo que está

directamente relacionado con la mejora del ambiente ruminal debido al mayor aporte de nutrientes que son aprovechados por la población microbiana (Dias et al., 2014).

Se define como suplemento proteico, a todos los alimentos que contienen más del 20 % de proteína cruda (Church, 1989), como el expeller de soja y girasol, harinas de oleaginosas, poroto de soja y fuentes de nitrógeno no proteico. En cuanto a los suplementos energéticos, se caracterizan por contener menos del 20 % de proteína bruta y menos de 18 % de fibra cruda como los granos de cereales, maíz, sorgo, avena, trigo y cebada. También los alimentos con valores intermedios, tanto de energía como proteína pueden definirse como del tipo energético-proteico (Gallardo, 2008).

Con respecto a la suplementación con fuentes de proteína, se sabe que incrementa el consumo de forraje debido a que aumenta su velocidad de digestión, la tasa de pasaje ruminal y la llegada de proteína verdadera al duodeno (Mc Collum y Galyean 1985, Leng et al. 1993, Koster et al. 1996), y además de nitrógeno, también aportan energía, azufre, aminoácidos, péptidos y esqueletos carbonados que tornan más eficiente los procesos de fermentación y crecimiento microbiano (Cochran et al., Siebert et al., citados por Soto y Reinoso, 2007).

Por lo tanto, la suplementación proteica sobre pasturas de baja calidad produce un estímulo en el consumo de forraje, aunque la calidad de dicho forraje no permitiera esperar altas ganancias de peso, sino más bien un mantenimiento o evitar la pérdida de peso vivo (Echeverría et al., 2014). Dicho incremento en el consumo de forraje varían de un 15 a 45 %; y algunos estudios han demostrado un incremento de 2 a 5 puntos porcentuales en la digestibilidad del forraje (Kunkle y Bates, 1998).

Debe quedar claro, que la suplementación proteica mejora la performance del ganado alimentado con forrajes de baja calidad, principalmente debido a un aumento en el consumo de forraje, si por alguna razón (baja disponibilidad forrajera, adecuado contenido proteico del forraje, alto nivel de suplementación, bajo contenido proteico del suplemento) el ganado no puede aumentar el consumo de forraje, la suplementación proteica se torna ineficaz y antieconómica (Mc Collum 1997, Del Curto et al. 2000, Sprinkle 2000).

Por otro lado, los requerimientos de proteína aumentan con la intensidad y el tipo de producción animal (Pordomingo, citado por Campanela y Lesca, 2011), siendo altos para animales en lactación (15 a 16 % de la dieta), intermedios para animales en crecimiento-engorde (12 %) y bajos para animales en mantenimiento (8 a 9 %).

Las exigencias de proteína del ganado de carne, expresadas como gramos diarios de proteína metabolizable que el animal debe ingerir, varían en función de las exigencias para mantenimiento, del estado fisiológico y del nivel de producción; más específicamente de la tasa de ganancia de peso vivo esperada en el caso de ganado en

crecimiento y terminación (NRC 1996, Simeone et al. 2010c). En el cuadro No. 5 se pueden apreciar los requerimientos diarios de nutrientes para el ganado en crecimiento y terminación, estimados para la raza Angus.

Cuadro No. 5. Requerimientos de energía y proteína metabolizable para mantenimiento y engorde para ganado en crecimiento y terminación

GMD (kg/a./dia)	Peso vivo (kg)				
	250	300	350	400	450
Energía metabolizable para mantenimiento (Mcal/día)					
	4,84	5,55	6,23	6,89	7,52
Energía metabolizable para ganancia de peso (Mcal/día)					
0,500	1,50	1,72	1,93	2,14	2,33
1,000	3,21	3,68	4,13	4,57	4,99
1,500	5,01	5,74	6,45	7,13	7,79
2,000	6,87	7,88	8,84	9,77	10,68
Proteína metabolizable necesaria para mantenimiento (g/día)					
	239	274	307	340	371
Proteína metabolizable necesaria para ganancia de peso (g/día)					
0,500	155	158	157	145	133
1,000	300	303	298	272	246
1,500	440	442	432	391	352
2,000	577	577	561	505	451

Fuente: adaptado de NRC (1996).

Como se aprecia en el cuadro anterior, los requerimientos de energía y proteína metabolizable para mantenimiento se incrementan a medida que aumenta el peso vivo. A una misma ganancia media diaria, los requerimientos de energía metabolizable para crecimiento aumentan y los de proteína metabolizable disminuyen a medida que el peso vivo crece.

Los rumiantes, presentan una combinación de requerimientos proteicos para nutrir los microorganismos, y para obtener un suministro adecuado de aminoácidos esenciales digestibles en el intestino (Church, 1989). Atendiendo a esto es que, Nocek y Russell, citados por Campanella y Lesca (2011), establecen que si se favorece la síntesis microbiana por medio de la suplementación proteica, se incrementa la digestibilidad, la tasa de pasaje y el consumo de materia seca; de esta forma se generan mayores cantidades de productos de la fermentación ruminal disponibles para el animal (proteína bacteriana y ácidos grasos volátiles), por unidad de materia seca consumida y por unidad de tiempo.

### 2.3.2 Respuesta animal a la suplementación con concentrados

En el siguiente cuadro se resumen algunas investigaciones nacionales sobre pastoreos de verdeos de verano, particularmente sorgo forrajero y sudangrás, sin suplementación y con suplementación energética, proteica y energética-proteica.

Cuadro No. 6. Resumen de resultados de investigaciones nacionales sobre pastoreo de verdeos de verano con y sin suplementación

TRATAMIENTO	PVI.	PVF.	GMD	DÍAS	DATOS
Sudangrás/sorgoBMR (año 1)	313	355	0,403	105	Experimento 1
Suplemento EG Sg./Sd. (año 1)	313	391	0,732	105	
Sudangrás/sorgoBMR (año 2)	296	343	0,821	58	
Suplemento EG Sg./Sd. (año 2)	296	360	1,179	58	
Sorgo ACA 727 (año 1)	269	325	0,521	106	Experimento 2
Suplemento EG Sg. (año 1)	269	327	0,549	106	
Suplemento AA Sg. (año 1)	269	330	0,571	106	
Suplemento GM Sg. (año 1)	269	341	0,689	106	
Sorgo BMR 715 (año 2)	265	313	0,503	96	
Suplemento ES Sg. (año 2)	265	234	0,618 a	96	
Suplemento EG Sg. (año 2)	265	324	0,621 a	96	
Suplemento AA Sg. (año 2)	265	322	0,596 a	96	
Suplemento GM Sg. (año 2)	265	317	0,482 b	96	
Sorgo BMR	237	261	0,251	95	Experimento 3
Suplemento EG sorgo BMR	237	273	0,382	95	
Suplemento AA sorgo BMR	237	275	0,403	95	
Suplemento GM sorgo BMR	237	277	0,418	95	

Donde: PVI es equivalente a peso vivo al inicio en kg, PVF es peso vivo al final en kg, GMD es ganancia media diaria en kg/a./día, BMR es brown middle rid, Sg. es sorgo, Sd. es sudangrás, EG es expeller de girasol, AA es afrechillo de arroz, GM es grano de maíz y ES es expeller de soja. Estos trabajos fueron realizados con una carga promedio de 7,5 animales/ha.

Fuente: adaptado de Lagomarsino et al. (2017).

Cabe aclarar que, en el experimento 1 suplementaron al 1 % del PV, mientras que en el 2 y 3 se realizaron a razón de 0,5 % PV, ya que esto puede explicar las diferencias de respuesta entre los tratamientos y demostrar la relevancia que tiene tanto el tipo como la cantidad de suplemento. De todas formas, los tratamientos con suplementación determinaron mejor desempeño animal, con mayor ganancia de peso vivo y producción por unidad de superficie que los no suplementados, en más de un año de experimento (Lagomarsino et al., 2017).

También concluyeron que, con cargas de 10 novillos/ha sobre sorgos forrajeros sin suplementación no permitiría superar niveles de ganancias de peso de 0,300 kg/a./día, provocando una productividad por unidad de superficie inferior al de una carga de 7,5 novillos/ha. También observaron un efecto positivo y aditivo de la suplementación con cargas altas, permitiendo que los niveles de ganancias de peso vivo alcancen valores cercanos a los 0,400 kg/a./día, las eficiencias de conversión alcanzan valores dentro del rango de 5,8:1 a 8,6:1.

La suplementación también afecta significativamente los parámetros de la pastura, determinando mayores disponibilidades y alturas tanto del forraje ofrecido como del remanente en aquellos tratamientos suplementados, demostrando un efecto de sustitución del forraje por el suplemento (Lagomarsino et al., 2017). Este efecto se da en aquellos casos en donde el forraje es de alta calidad y la disponibilidad no es limitante, si bien se hace más relevante cuanto mayor calidad presente la pastura (Elizalde, 2003).

Como consideración general, es claro que los sorgos forrajeros permiten sostener altas cargas por hectárea. No obstante, su valor nutritivo es adecuado para favorecer la recría con ganancias moderadas para novillos de sobre año por un corto período de tiempo. Por otro lado, la suplementación en estas condiciones permite aumentar la capacidad de carga del sistema de recría en su conjunto, más que la producción individual (Lagomarsino et al., 2017); pudiéndose concluir que la carga ideal ronda los 7 animales por hectárea y la ganancia media diaria es variable, sin embargo siempre aparece una respuesta clara a la suplementación, pero no así al tipo de suplemento, ya que varía con los trabajos y los años, siendo más estable la respuesta a la suplementación proteica o energética-proteica.

### 2.3.3 Granos secos de destilería (DDGS)

La producción de etanol se realiza mediante el procesamiento seco del grano y la posterior fermentación y transformación del almidón en alcohol (Stock et al., 2000). El mismo consiste en la molienda seca del grano de cereales (maíz, trigo, cebada y sorgo) y la posterior hidrólisis del almidón a glucosa, la cual es fermentada en etanol y dióxido de carbono (Spiehs et al. 2002, Erickson et al. 2007), generando una gran cantidad de subproductos que se denominan granos de destilería o burlanda, los cuales tienen un enorme potencial en la alimentación de vacunos, pues pueden producirse con solubles tanto secos (DDGS) como húmedos (WDGS, Klopfenstein et al. 2007, Elizalde y Riffel 2012, Kalscheur y García 2013).

Debido a que el almidón representa más del 70 % del peso del grano y el mismo se transforma en etanol y dióxido de carbono, en consecuencia, los nutrientes restantes (proteína, extracto etéreo, fibra detergente neutro) aparecen en este subproducto concentrados en alrededor de tres veces respecto de su proporción en el grano original (Erickson et al., 2007).

No obstante, es importante saber que el proceso fermentativo utilizado para la producción de etanol y consiguientemente DDGS no destruye las micotoxinas, siendo una consecuencia no deseada que los animales consuman niveles elevados de estos componentes, que también se encuentran concentrados alrededor de tres veces con respecto a su contenido en el grano (Wu y Munkvold, citados por Applegate et al., 2008).

Por otro lado, la proteína del DDGS es menos degradable a nivel ruminal respecto de otras fuentes proteicas, tales como el gluten feed ó el pellet de soja (Trenkle, citado por Elizalde y Riffel, 2012), lo cual se transforma en una ventaja desde el punto de vista nutricional. Sin embargo, la digestibilidad total de la proteína se podrían ver reducidas en forma significativa en caso de ocurrir un sobrecalentamiento durante el proceso de secado (Trenkle, citado por Elizalde y Riffel, 2012). En este sentido, la calidad de los DDGS depende de cómo se ha producido el producto y de la temperatura alcanzada durante el secado (Stein, 2008).

De acuerdo con Hippen y García (2012), los DDGS al ser comparados con otra fuente de proteína vegetal como la harina de soja, resultan ser deficientes en lisina; sin embargo, son una buena fuente de proteína no degradable en rumen, lo cual los convierte en una fuente económica de proteína bypass. En términos generales, estos autores recomiendan con respecto a la inclusión de DDGS, no exceder el 20 % del total de la dieta, es decir entre 4 y 6 kg por día. En el cuadro No. 7 se detallan los aspectos más relevantes de la composición química para los principales granos de destilería.

Cuadro No. 7. Composición química de granos secos de destilería

	DDGS cebada	DDGS maíz	DDGS sorgo	DDGS trigo
Materia seca (MS), %	91,9	89,7	90,6	91,2
Proteína bruta (PB), %	24,9	27,6	30,2	33,6
Extracto etéreo (EE), %	5,6	10,8	9,4	4,8
Almidón, %	5,1	5,7	9,0	3,8
Fibra detergente neutro (FDN), %	34,0	31,9	27,0	29,0
Fibra detergente ácido (FDA), %	13,0	8,9	12,0	11,0
Energía metabolizable (EM), Mcal/kg MS	2,51	2,98	2,72	2,60
Fósforo (P), %	0,70	0,82	0,79	0,85
Calcio (Ca), %	0,12	0,03	0,06	0,10

Fuente: adaptado de FEDNA (2010).

Si bien los DDGS pueden servir como una fuente de nutrientes muy efectiva, debido a varios factores, su inclusión potencial en la dieta es limitada. Según Tibble et al.

(2007), entre los principales aspectos a considerar cuando se formulan alimentos balanceados con DDGS, se destacan: variación del contenido de nutrientes y su digestibilidad, variabilidad en el nivel de micotoxinas, altos niveles de grasa insaturada y alto nivel de fibra.

Estos (DDGS) contienen tres veces más energía respecto del grano de maíz (Zinn, 1988). Ham et al. (1994) sostienen que la grasa adicional que poseen los granos de destilería respecto del grano de maíz podrían explicar un mayor valor alimenticio equivalente al 9 a 10 % superior para DDGS, pero los rumiantes tienen una limitada capacidad para metabolizar grasa cuando esta se incluye en niveles superiores al 6 % de la ración (Zinn, 1989), ya que los lípidos condicionan la digestión de otros componentes de la dieta tales como la fibra.

La suplementación con este subproducto aumenta la ganancia de peso, tanto en forrajes de baja como de alta calidad (Mac Donald et al. 2007, Gadberry et al. 2010) en respuesta al incremento en proteína metabolizable y energía (Islas y Soto-Navarro 2011, Martínez-Pérez et al. 2013). En una dieta rica en forrajes (fibra), los DDGS tienen mayor valor energético que el maíz (Loy et al., 2008).

Por lo tanto, las características mencionadas en este ítem y su disponibilidad en la región; bajo costo y que no presenta mayores inconvenientes en su almacenamiento y conservación; el DDGS puede ser tomado como una buena alternativa de suplementación energética-proteica.

#### 2.3.3.1 Respuesta animal a la suplementación con DDGS

Para comenzar, Anzolabehere y Cortazo (2017), Pancini et al. (2017), Simeone et al. (2018) demostraron que es posible sustituir fuentes tradicionales de concentrados por DDGS de sorgo hasta un 45 % de inclusión, sin afectar negativamente la ganancia animal en terneros de destete precoz, recría y engorde respectivamente, todos alimentados a corral.

Beretta et al. (2017), evaluaron niveles crecientes de sustitución de ración comercial para destete precoz (19 % PC) por DDGS de sorgo en el suplemento en terneros de destete precoz suplementados a razón del 1 % del peso vivo y pastoreando praderas. Reportando una reducción de 15 gramos por cada 10 % de incremento en el nivel de DDGS y en cuanto a la eficiencia de conversión global (pastura más suplemento), la cual variaron entre 6,92 a 7,34 (kg consumido / kg PV ganado,  $P > 0,10$ ).

También Greenquist et al. (2009), observaron que en pasturas de cebadilla (*Bromus inermis L.*) la suplementación con 2,3 kg de DDGS aumentaron un 35 % la ganancia de peso en novillos de 330 kg respecto al control sin suplementación (0,680 vs. 0,920 kg/día). Gustad et al. (2006), en novillos de sobreaño pastoreando rastrojo de maíz

y utilizando DDGS (30,1 % PC) como suplemento, observaron un incremento cuadrático en un rango de ganancias de peso que fueron desde 0,450 a 0,900 kg en respuesta a la suplementación a niveles de 0,68, 1,13, 1,58, 2,04, 2,49 y 2,95 kg/a./día ajustada a un porcentaje del peso corporal (0,29, 0,49, 0,69, 0,88, 1,08 y 1,27 % PV respectivamente), no usaron testigos sin suplementación.

Beretta et al. (2019a), publicaron los resultados de dos experimentos complementarios sobre suelos de basalto en condiciones contrastantes de oferta de forraje del campo natural y de suplemento, se estudió el efecto de la suplementación con DDGS de sorgo en régimen de autoconsumo. En el experimento 1 se ofreció a razón del 1 % PV usando sal como limitador del consumo, y alta disponibilidad invernal de forraje del campo natural (1,51 a./ha, 13 % de sal, pastoreo continuo) y para el experimento 2 se ofreció a voluntad sin sal y en condiciones de baja disponibilidad invernal de forraje del campo natural (1,88 a./ha, pastoreo continuo). En cuanto a los resultados, en el experimento 1, la respuesta en ganancia de peso del suplemento fueron de 0,6 kg/día superior al testigo (0,520 vs. 1,114 kg/día,  $P < 0,01$ ), el consumo de suplemento fueron de 1,45 % PV (27 % superior al esperado) y con una eficiencia de conversión del suplemento de 5,20:1. En el experimento 2, la respuesta del suplemento fueron de 1 kg/día cuando se lo compara con el testigo (0,216 vs. 1,22 kg/día,  $P < 0,01$ ), el consumo de suplemento fueron del 1,95 % PV (sin observarse ningún síntoma de disturbio digestivo en los animales) y con una eficiencia de conversión de 3,75:1.

Además, Beretta et al. (2019b) publicaron los resultados de la suplementación con DDGS de sorgo al 1 % PV, pastoreando un verdeo Blend Starup (*Lolium multiflorum* 25 % y *Avena bizantina* 75 %), con una oferta de forraje de 5 kg MS/100 kg PV, usando terneras Hereford (165,1±3,8 kg). Dando como resultado una respuesta a la suplementación de 0,35 kg/día (0,52 vs. 0,95 kg/día,  $P < 0,01$ ), con un consumo de suplemento de 0,97 % PV y una eficiencia de conversión del suplemento de 5,48:1.

En el siguiente cuadro se presentan, resumidas, algunas experiencias extranjeras que utilizaron el DDGS como suplemento, y forrajes en ganado para carne.

Cuadro No. 8. Efecto de la suplementación con DDGS en pastoreo de forrajes libre o en confinamiento para bovinos de carne

Autores*	Categoría/ peso (kg)	Suplemento / pastura	Nivel de supl. (% PV)	Ganancia (kg/día)	Eficiencia de conversión
1.	Novillos/ 265 ± 37	DDGS/ heno (8,7 % PC, 84 días)	0,21	0,490	1,48
			0,81	0,890	6,25
2.	Novillos/ 225 ± 16,8	DDG maíz/ natural (8,8 % PC, 56 días)	0	0,266	-
			0,25	0,484	2,34
			0,50	0,643	2,71
3.	Novillos/ 261 ± 4,7	DDGS/ <i>Cynodon</i> <i>dactylon</i> (84 días)	0,75	0,784	2,96
			0	0,790	-
			0,9	1,000	3,70
			1,8	1,050	5,88
4.	Novillos/ 220 ± 5,5	DDGS/ heno de festuca (82 días)	0	0,050	-
			0,3	0,450	1,49
			0,6	0,590	2,27
			1,2	0,882	3,12
			0	0,670	-
			0,2	0,780	s/d
			0,4	0,860	s/d
			0,6	0,930	s/d
			0,8	0,890	s/d
			1,0	1,010	s/d
4.	Novillos/ 279 ± 51	DDGS/ pastoreo diverso (13 experimentos, 35 medias, 60 a 196 días)	1,2	1,030	s/d
			0	0,540	-
			0,2	0,730	s/d
			0,4	0,880	s/d
			0,6	1,000	s/d
			0,8	1,080	s/d
4.	Novillos/ 265 ± 20	DDGS/ heno de gramíneas o alfalfa ( 8 experimentos, 28 medias, 85 a 95 días)	1,0	1,130	s/d
			1,2	1,140	s/d

\*Autores: 1. Loy et al. (2008), 2. Jenkins et al. (2009), 3. Gadberry et al. (2010) y 4. Griffin et al. (2012).

Griffin et al. (2012) realizaron un meta-análisis de 13 experimentos (38 tratamientos) para evaluar el efecto de la suplementación con DDGS sobre la respuesta animal y la tasa de sustitución de consumo de forraje (cuadro No. 9).

Cuadro No. 9. Efecto de la suplementación con DDGS sobre la ingesta en novillos confinados

	Nivel de suplementación con DDGS (kg MS/animal/día)						Ecuación de estimación, valor-P	
	0	0,7	1,4	2,0	2,7	3,4	Lineal	Cuadrá.
Consumo de forraje (kg MS/animal/día)	5,8	5,6	5,4	5,1	4,7	4,1	<0,01	<0,01
Consumo de suplemento (kg MS/animal/día)	-	0,7	1,4	2,0	2,7	3,4	0,31	<0,01
Tasa de sustitución (% kg forraje/kg suplemento * 100)	-	20	27	33	40	48	-	-

Fuente: adaptado de Griffin et al. (2012).

## 2.4 ESTRÉS POR CALOR EN GANADO DE CARNE

Durante el verano las condiciones ambientales predominantes generan estrés calórico en los animales (Guillenea y Ordeix, 2014) y esto produce cambios en el comportamiento ingestivo, fisiológico y reproductivo, entre otros, afectando negativamente la performance animal. Por ello, se han realizado numerosos trabajos para identificar los umbrales a los que los animales comienzan a sufrir estrés térmico, con el fin de prevenir los efectos negativos que éstos implican (Arias et al., 2008).

### 2.4.1 Índice de temperatura y humedad (ITH)

Shrode et al. (1960) determinaron que desde un punto de vista práctico la temperatura del aire es la principal variable climática relacionada con el estrés calórico de los animales, en comparación con la radiación solar, velocidad del viento y la presión ambiental. Además de la temperatura del aire, la humedad relativa es otra variable de importancia para la determinación del estrés calórico.

Por las consideraciones anteriores, ha sido desarrollado el índice de temperatura y humedad para estimar el riesgo de estrés calórico. Dicho índice se calcula a través de la ecuación desarrollada por Thorn (1959):

- $ITH = 0,8 * T_a + (\% HR/100) * (T_a - 14,4) + 46,4$   
Donde:  $T_a$  es temperatura del aire ( $^{\circ}C$ ), HR es humedad relativa del aire (%).

Para la región generaron una modificación de dicha ecuación propuesta por Valtorta y Gallardo, citados por Cruz y Saravia (2008):

- $ITH = (1,8 * T_a + 32) - (0,55 - 0,55 * HR/100) * (1,8 * T_a - 26)$

Donde:  $T_a$  es temperatura del aire ( $^{\circ}\text{C}$ ), HR es humedad relativa del aire (%).

En función del valor obtenido de ITH se han desarrollado diferentes escalas de cuantificación del riesgo potencial de estrés calórico en animales. En la década del 70, se desarrolló el Livestock Weather Safety Index (indicador de seguridad climática para ganado) como una manera práctica de categorizar el riesgo de estrés calórico en cuatro categorías: normal ( $\text{ITH} \leq 74$ ), alerta ( $74 < \text{ITH} < 79$ ), peligro ( $79 \leq \text{ITH} < 84$ ) y emergencia ( $\text{ITH} \geq 84$ , Mader et al., 2006).

Johnson et al., citados por Cruz y Saravia (2008), trabajando con vacas Holstein en lactación, obtuvieron un valor crítico de ITH de 72. Más recientemente, Wiersma, citado por Rovira (2012c), publicó la siguiente escala para ganado lechero en función del valor del ITH, siendo  $<72$  sin estrés calórico, 72 a 78 estrés medio, 79 a 89 estrés severo, 89 a 98 estrés muy severo y  $>98$  riesgo de muerte por estrés calórico (figura No. 1).

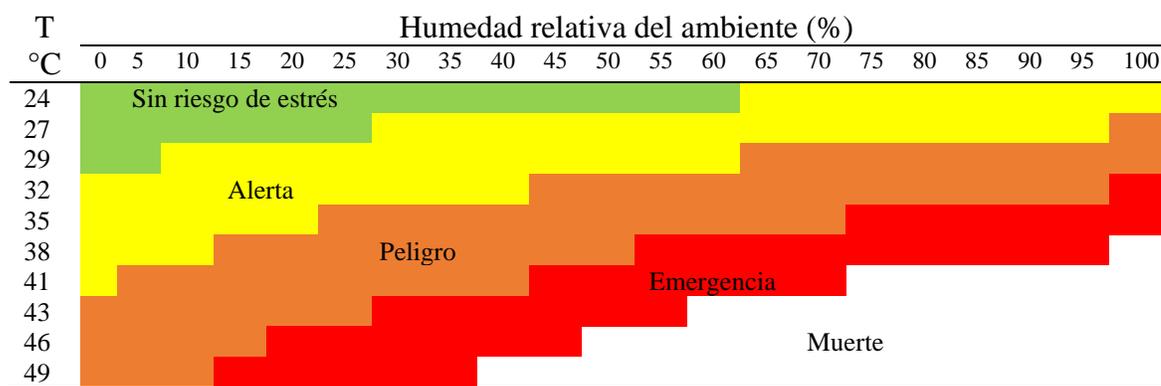


Figura No. 1. Riesgo de estrés calórico en los animales (vacas lecheras) de acuerdo al valor del índice de temperatura y humedad relativa ambiental

Fuente: modificado de Wiersma (1990).

Cruz y Urioste (2009) en Uruguay diagnosticaron el riesgo de estrés calórico en diferentes regiones del país en función del valor de ITH. Los mismos valores para el período estival aumentan desde el Sur al Norte, encontrándose los mayores valores para el mes de enero (Cruz y Saravia, 2008).

De acuerdo a la caracterización del ambiente térmico de verano que Cruz y Saravia (2008) realizaron al Norte del Río Negro, fueron identificados valores de ITH superiores a 72, siendo el número de horas con  $\text{ITH} > 72$  más del 75 % del tiempo de la fase diurna, y más del 45 % del tiempo de la fase nocturna. En la zona de Lomadas del

Este, Rovira y Velazco (2007) reportan que, entre enero y marzo de 2007 el ganado vacuno estuvo expuesto el 30 % del tiempo a valores de ITH entre 72 y 78, y 16 % del tiempo a valores entre 79 y 89.

Si bien el valor promedio de ITH para la totalidad del verano no representa riesgo de estrés calórico, existen condiciones climáticas puntuales desde fines de diciembre hasta principios de marzo, que son favorables para el desarrollo de estrés calórico medio, y severo durante las horas luz del día (Rovira y Do Carmo, 2012a).

Los días que registran horas con riesgo de estrés calórico severo (ITH mayor o igual a 79) generalmente se agrupan en eventos climáticos (olas de calor) que ocurren durante 4 a 5 días seguidos, en donde incluso durante la madrugada existen condiciones de riesgo de estrés calórico medio (Rovira, 2012c). Este autor afirma que, la mejor evaluación del estrés calórico de los animales se realiza con observación directa y medición de variables de respuesta en el propio animal. La principal utilidad de los indicadores ambientales además de su fácil interpretación, radica en que se pueden prever con anticipación a través de los pronósticos del tiempo, lo que brinda una ventana de acción para tomar medidas preventivas ante la inminencia de pronósticos de olas de calor o situaciones de riesgo de estrés calórico.

Además, Gomes da Silva et al. (2007), reportaron que el ITH no se correlaciona necesariamente con la respuesta animal, debido a que es un índice de estrés calórico generado para un ambiente o zona en particular.

Otra forma de caracterizar el ambiente meteorológico que rodea a los animales, son los globos negros o esferas de Vernon (Berbigier, 1988), ubicadas cerca del lugar que ocupan aquellos y en los que se obtiene la temperatura luego de establecerse el equilibrio térmico, que permite integrar en un registro de temperatura los aportes de calor por convección y radiación, siendo este el mejor indicador para estimar la carga calórica que sufre el animal, debido a que representa interacción de temperatura del aire, radiación solar multidireccional y velocidad del viento (Bernan y Wolfenson, citados por Adami et al., 2008). La temperatura registrada dentro del espacio cerrado “negro” expresa las ganancias o pérdidas de calor del ambiente medido (Hertig, citado por Saravia, 2009).

#### 2.4.2 Indicadores del estrés por calor en el animal y factores predisponentes

En situaciones no tan severas, es común que las pérdidas productivas por estrés calórico pasen desapercibidas (reducción en el consumo de forraje, menor tasa de ganancia de peso, sistema inmune debilitado, etcétera); pero pueden llegar a ser tan costosas como la pérdida de animales (Hahn, 1999). Tomando en cuenta que según Lefcourt y Adams (1996), los novillos de cruza británicas comienzan a presentar estrés

calórico cuando la temperatura ambiente excede los 25,6 °C, es probable que existan grandes pérdidas no apreciadas.

La temperatura rectal y la tasa respiratoria son los principales indicadores fisiológicos de estrés calórico en los animales. Probablemente, la temperatura rectal es el mejor indicador, pero en las condiciones extensivas de los sistemas pastoriles su medición se dificulta (Silanikove, 2000); debido a que el animal debe ser trasladado y retenido en alguna instalación física para obtener el registro, situación que de por sí sola puede incrementar la temperatura interna del animal, confundiendo con el incremento de temperatura corporal asociado al estrés calórico (Mitlöhner et al., 2001). Como método alternativo se puede colocar un dispositivo en el cuerpo del animal (sensor) que registre automáticamente la temperatura interna del mismo, ya sea en la oreja, recto o vagina (Hahn et al. 1990, Mitlöhner et al. 2001), pero no siempre se puede contar con ellos, por lo cual, la tasa respiratoria a través de la observación directa de los animales, es la manera más eficaz de cuantificar el estrés calórico. Por ejemplo, Silanikove (2000) propone la escala de 40 a 60 respiraciones por minuto (rpm) riesgo bajo de estrés calórico, 60 a 80 rpm para riesgo medio, 80 a 120 rpm riesgo alto y >120 rpm riesgo severo de estrés calórico.

El incremento de la tasa respiratoria es una estrategia del animal para disipar calor con el objetivo de mantener el equilibrio térmico (Legates et al., 1991). Valores en el rango de 70 a 80 respiraciones por minuto han sido reportados como una respuesta inmediata a condiciones de calor (Berman, 2005). Silanikove (2000) afirmó que el estrés calórico puede ser identificado en animales en pastoreo cuando la tasa respiratoria supera el umbral de 100 respiraciones por minuto.

Si el estrés calórico sigue su curso y la temperatura corporal continúa incrementando, el animal entra en una fase aguda que induce un jadeo intenso y máxima sudoración. Meat and Livestock Australia, citado por Rovira (2012c) sugiere utilizar la escala de jadeo basada en la observación de la boca y posición de la cabeza del animal.

Según Lemerle y Goddard (1986), la temperatura rectal y tasa respiratoria se incrementan cuando el índice de temperatura y humedad excede el valor de 80 y 73, respectivamente.

#### 2.4.3 La sombra como estrategia para mitigar el riesgo de estrés calórico

Simeone et al. (2010a) reportaron ganancias superiores en vaquillonas pastoreando campo natural con alta disponibilidad (3312 kg/ha, 1,02 a./ha) por efecto de la sombra de montes forestales comerciales (0,514 vs. 0,772 kg,  $P < 0,01$ ). El ITH diurno fue 74,6 (por encima de 75 luego de las 11:00 horas y un máximo de 78,5 a las 16:00 horas).

Silanikove (2000) propone la construcción de estructuras de sombra en regiones donde la temperatura ambiente y el valor de ITH normalmente exceden el umbral de 24 °C y 70 respectivamente, ya que protege al animal de la radiación solar reduciendo el calor proveniente de la misma, pero sin afectar significativamente la temperatura o humedad ambiente (Ittner y Kelly 1951, Mitlöhner 2000), pero sin embargo Schütz et al. (2009) reportaron entre 1 a 3 °C menos debajo de sombras con diferente nivel de bloqueo de la radiación solar comparado con la temperatura del aire sin protección solar.

La sombra natural generada por árboles es la alternativa más barata pero a menudo no está localizada en el lugar correcto o deseado, además que el sobrepastoreo y amontonamiento de los animales puede afectar a los árboles (Turner, 2000). Rovira y Velazco (2012b) con el uso del termómetro de globo negro pudieron determinar que no existieron diferencias significativas en el confort de animales en pastoreo en las condiciones ambientales generadas por la sombra natural o artificial comparados con ambientes sin protección del sol para un IHT de 76. Surgiendo como alternativa las sombras artificiales, las cuales pueden ser construídas a un bajo costo.

Cuanta más altura tenga la estructura de sombra, menor es la radiación incidente en el animal y mayor la ventilación, mejorando el confort térmico de los animales (Ittner y Kelly, 1951). Mc Daniel y Roark (1956) recomiendan colocar la malla de sombra al menos 3,6 m por encima del nivel del suelo, con un espacio sugerido de sombra por animal que varía entre 2 y 5 m<sup>2</sup> dependiendo de la categoría animal (Mc Daniel y Roark 1956, Turner 2000, Meat and Livestock Australia 2004), con orientación Norte a Sur permitiendo así la sombra en la mañana y la tarde (Armstrong, 1994).

#### 2.4.3.1 Conducta animal

La respuesta en conducta animal ante el clima y la disponibilidad de sombra debe ser considerada con precaución al momento de su extrapolación, ya que la misma puede variar sensiblemente en función de: manejo, categoría animal, las condiciones topográficas del terreno, la ubicación del agua y de la sombra, entre otros factores (Castañeda et al., 2004).

Velazco et al. (2012a) al trabajar, con en animales pastoreando sudangrás (7 a./ha) sin acceso a sombra registraron un mayor nivel de estrés que en aquellos con acceso a sombra (libre o restringida), medido a través de una mayor tasa respiratoria y una mayor probabilidad de síntomas de amontonamiento y jadeo durante el día. Concluyeron que, el acceso a sombra artificial (libre o restringida) fueron eficaz para reducir el estrés de novillos en pastoreo sin afectar significativamente la ganancia de peso, ni el tiempo de pastoreo.

También Velazco y Rovira (2012b), observaron que entre las 09:00 y 10:30 horas no hubo diferencias significativas en la tasa respiratoria entre los tratamientos con

sombra y sin sombra ( $P>0,05$ ), la diferencia máxima en la tasa respiratoria entre ganado con y sin sombra ocurrió entre las 15:00 y 16:30 horas, siendo de 72 y 86 respiraciones por minuto respectivamente. De forma similar Gaughan et al. (2004) encontraron una máxima diferencia entre las 12:00 y 17:00 horas cuando compararon la tasa respiratoria de vaquillonas Angus (corral) con y sin acceso a sombra en Australia (75 y 98 respiraciones por minuto, respectivamente). En Estados Unidos, Eigenberg et al. (2005), entre las 10:00 y 19:00 horas reportaron una media de 86 y 102 respiraciones por minuto en la tasa respiratoria de novillos en feedlot con y sin acceso a sombra, respectivamente.

#### 2.4.3.2 Desempeño productivo

En cuanto al desempeño productivo, Velazco y Rovira (2012b) encontraron que, la disponibilidad de sombra mejoró significativamente el desempeño productivo de novillos pastoreando sudangrás cuando se dieron las condiciones ambientales de mayor estrés calórico, y que no hay diferencias significativas en la ganancia de peso entre los tratamientos con sombra artificial o natural, a pesar de que los novillos con sombra natural registraron una menor tasa respiratoria. Tampoco detectaron efecto en producción entre animales con acceso libre o restringido a la sombra; y por último, que los animales usaron más intensamente la sombra en los días más calurosos. En promedio el suministro de sombra no afectaron significativamente el tiempo de pastoreo durante las horas luz.

También Rovira (2012c), afirma que novillos en pastoreo sobre sudangrás con acceso a sombra artificial obtuvieron un 14 % más de ganancia diaria que aquellos sin disponibilidad de sombra, aunque no resultando estadísticamente significativo.

Por otro lado, Simeone et al. (2010b, 2011) reportaron una ganancia en peso vivo de 11 y 19 % mayor en terneros de destete precoz y novillos en confinamiento respectivamente con acceso a sombra, en comparación con aquellos animales sin disponibilidad de la misma.

## 2.5 LA SOMBRA ASOCIADA A LA RESTRICCIÓN EN EL TIEMPO DE ACCESO A LA PASTURA

Las prácticas de manejo que crean sesiones de pastoreo más cortas (es decir, períodos de ayuno más largos antes del pastoreo), y/o involucran pastoreo por la tarde, dan como resultado episodios de pastoreo iniciales más largos, tasas de ingesta más altas, reducciones en el tiempo de rumia durante la sesión de pastoreo, así como cambios más pronunciados en pH ruminal, concentraciones de metabolitos de fermentación ruminal y carga ruminal (Patterson et al. 1998, Chilibraste et al. 2007). Según Chilibraste et al. (2005, 2007) estos cambios han sido asociados con tendencias o mejoras significativas en la performance animal.

También Patterson et al. (1998), señalan diferentes estrategias según el tiempo de restricción, con encierros superiores a las seis horas se produce un incremento en la tasa y tamaño de bocado, mientras que con ayunos menores ocurre un aumento en la tasa de bocado manteniendo relativamente constante el tamaño de los mismos.

Además, el contenido de materia seca y la concentración de carbohidratos no estructurales solubles en el forraje varían a lo largo del día, generándose un aumento en ambos parámetros como consecuencia de la pérdida de humedad y del balance positivo entre producción de fotoasimilados por fotosíntesis y los gastados por respiración (Vaccaro et al., 2008), obteniendo como resultado una mejora en la composición de la leche en pastoreos en la tarde, pero no encontraron diferencias en la producción de leche, cuando se los compara con pastoreos realizados por la mañana (Mattiauda et al., 2013).

En el mismo sentido, Gregorini et al. (2007) afirman que el ayuno matutino genera episodios de pastoreo nocturnos más largos e intensos, lo que aumenta la ingesta de materia seca de un pasto más nutritivo, lo que hace que el ganado tenga el mismo rendimiento en sesiones de pastoreo más cortas, para ganado de raza carnicera con un tiempo de restricción de 9 horas.

Con respecto al pastoreo Beretta et al. (2013) reportan que los animales en pastoreo restringido presentaron en las tres primeras horas luego de ingresar a una nueva franja, mayor actividad de pastoreo que los animales en pastoreo libre ( $P < 0,001$ ), no encontrando diferencias en la tasa de bocado ( $P > 0,10$ ). Además, este manejo representó una reducción estimada de 27,3 % de los requerimientos de energía metabolizable para mantenimiento en animales con pastoreo restringido, en comparación con los de pastoreo libre.

Por otro lado, Beretta et al. (2005), en un experimento con animales manejados al 6 % de asignación de forraje con pastoreo libre y restringido en una pradera mezcla de gramínea y leguminosas (encierro con agua y sombra entre las 10:00 y 16:00 horas, sin suplemento y suplementados con granos y afrechillo de arroz), obtuvieron ganancias diarias de 0,746 kg/a./día para pastoreo libre, y 1,005 kg/a./día para pastoreo restringido, siendo diferentes estadísticamente ( $P = 0,0160$ ), y al incorporar la suplementación no existieron efectos de la mismas (0,944 kg/a./día para grano y 1,092 kg/a./día para afrechillo de arroz) con respecto al pastoreo restringido, ni del tipo de suplemento ( $P > 0,05$ ).

En el mismo sentido, Cortazzo et al. (2007) evaluaron animales con dos asignaciones de forraje diferentes (6 y 12 %) con pastoreo libre y restringido en pradera mezcla (encierro con agua y sombra entre las 10:00 y 16:00 horas), habiendo obtenido ganancias diarias de 0,729 y 0,734 kg/a./día para pastoreo libre y 0,863 y 0,854 kg/a./día para pastoreo restringido con asignaciones de forraje del 6 y 12 % respectivamente,

encontrando diferencias significativas entre el pastoreo libre y el pastoreo restringido, mientras que no se encontró un efecto en cuanto a las distintas asignaciones de forraje ( $P>0,05$ ).

Beretta et al. (2013) también evaluaron el efecto de la sombra (pastoreo libre y restringido) en dos veranos consecutivos (2005 y 2006), con una asignación de forraje del 6 % pastoreando una pradera mezcla, se obtuvieron ganancias diarias de 0,875 kg/a./día para pastoreo libre y 0,998 kg/a./día para pastoreo restringido, siendo diferentes estadísticamente ( $P=0,0197$ ), sin afectar el consumo ni la selectividad ( $P>0,10$ ). Los mismos autores, registraron que la actividad de pastoreo fueron mayor en animales con restricción al pastoreo ( $P<0,001$ ) en perjuicio de las actividades de rumia y descanso ( $P<0,01$ ), pero sin diferencias en la tasa de bocado ( $P>0,10$ ) con relación aquellos que pastoreaban libremente.

Por último, la restricción del tiempo de acceso a la pastura aparece como una herramienta para hacer un uso eficiente de la misma, y evitar problemas por sobrepastoreo y pisoteo (Chilibroste et al., 2007).

Como síntesis de esta revisión, queda claro que los trabajos responden a factores particulares. Por ende, un trabajo multifactorial que tenga en cuenta la restricción del pastoreo (sombra) y suplementación (DDGS), pastoreando sorgo forrajero, permitiría analizar nuevas hipótesis.

## 2.6 HIPÓTESIS

En novillos que pastorean sorgo forrajero, el encierro diurno con acceso a sombra y agua durante el período estival, mejorarían las ganancias de peso vivo y la eficiencia de conversión de los animales, respecto a aquellos mantenidos en pastoreo libre.

La suplementación energético-proteica mejorarían las ganancias diarias de novillos pastoreando sorgo forrajero, aumentando el consumo total de materia seca. Estas respuestas podrían estar condicionadas por el manejo del pastoreo asociado a la restricción con acceso a sombra.

La respuesta al encierro diurno está mediada por cambios de compensación en el comportamiento ingestivo de los animales, no afectando el consumo total de MS de forraje y mejorando el balance energético a partir de una mejora en el termo confort del animal y reducción en el gasto de mantenimiento. No obstante, podrían afectar la selectividad y la calidad de la dieta consumida.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 UBICACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL

El experimento fue llevado a cabo en el potrero 4 de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) perteneciente a la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC), ubicada en el km 363 de la Ruta 3 (José Gervasio Artigas), Paysandú, Uruguay. La latitud y longitud son  $-32.383691^{\circ}$  y  $-58.042789^{\circ}$  respectivamente, tomando como referencia la ubicación de la sombra.

La duración total fueron de 64 días, comprendiendo dos períodos, el primero iniciado el 16 de enero al 5 de marzo de 2019 (P1) y el segundo desde el 20 de marzo al 3 de abril del mismo año (P2).

#### 3.2 SUELO

El área experimental se encontraba ubicada sobre suelos de la formación Fray Bentos, unidad San Manuel, donde dominan los brunosoles eútricos típicos (háplicos), como asociados se encuentran brunosoles eútricos lúvicos y solonetz solodizado melánico (MAP. DIRENARE, 1976).

#### 3.3 INFRAESTRUCTURA

Se utilizaron sombra del tipo artificial, realizada con una malla sombra de 50 % de intercepcion montada en una estructura de madera a 2,84 metros de altura sobre el suelo.

El área total sombreada fueron de 112 m<sup>2</sup> (28 metros de largo por 4 metros de ancho). Bajo la sombra se realizaron cuatro corrales de igual tamaño, con capacidad para 6 animales (4,66 m<sup>2</sup> de sombra por animal).

#### 3.4 ALIMENTOS

Se utilizaron sorgo forrajero BMR (*Sorghum spp.*) como base forrajera, cultivar ADV 2800, en una superficie total de 7,25 hectáreas.

El cultivo antecesor era una mezcla de avena con raigrás (Blend Startup 100), al cual el 9/11/2018 se le aplicaron 3,5 L/ha de glifosato ridown DMA, 1 L/ha amina (cleanspray) y 0,15 L/ha picloram. Se sembraron en siembra directa 25 kg/ha de sorgo el 1/12/18, se fertilizaron con 60 kg/ha de 18-46-0 y se aplicaron en siembra 2,5 L/ha de glifosato ridown DMA, 1 L/ha de metolaclor s-maestro y 0,83 L/ha de simazina. Durante el primer pastoreo, al retirar los animales para una nueva franja se fertilizaron

con 100 kg/ha de urea. El 6/2/2019 realizaron una aplicación de 1,5 L/ha de amina (cleanspray) con 0,15 L/ha de clorpiralid.

### 3.4.1 Suplemento

Se utilizaron granos secos de destilería con solubles (DDGS) mezcla de maíz y trigo en una proporción de 40/60 respectivamente. En el cuadro No. 10 se aprecia la composición química de una muestra compuesta del DDGS ofrecido a los animales.

Cuadro No. 10. Composición química del DDGS utilizado como suplemento

Análisis químico de DDGS	
Cenizas (%)	4,68
Proteína cruda (%)	35,97
NIDA* (% , %N x 6,25)	13,85
Fibra detergente neutro (%)	62,69
Fibra detergente ácido (%)	27,56
Extracto etéreo (%)	6,57
Energía bruta (Mcal/kg MS)	5,29
Energía metabolizable** (Mcal/kg MS)	2,71

\*NIDA: nitrógeno insoluble en detergente ácido. \*\*EM = EB x DMS x 0,82.

### 3.5 ANIMALES

Se utilizaron 48 novillos Hereford de sobre año perteneciente al rodeo de la EEMAC, con un peso vivo promedio al inicio del experimento de  $267,22 \pm 29,53$  kg.

Cuatro días previos al inicio del período evaluado se realizaron el acostumbramiento de los animales a la suplementación de forma gradual, 1 kg/a./día en el primer día, 2 kg/a./día en el segundo día y para el tercero alcanzaron el 1 % del peso vivo, lo cual se mantuvo al cuarto día. Con la salvedad que, dichos animales tuvieron un historial de consumo de suplemento previo al experimento (destete precoz). Además, se les suministraron de forma inyectable fosfato de levamisol 22,3 % (fosfamisol, Biogenes Bagó). Durante el transcurso del mismo y en el período experimental se controlaron miasis con diclotrín (Laboratorios Santa Elena), y a aquellos animales que presentaron queratoconjuntivitis bovina, los trataron con polvo oftálmico conjunto con oxitetraciclina (Laboratorio Sur).

### 3.6 TRATAMIENTOS

Fueron evaluados 4 tratamientos, producto de un arreglo factorial 2x2, siendo uno de los factores el tiempo de acceso a la pastura (pastoreo libre vs. encierro diurno con acceso a sombra entre las 10:00 y las 16:00 horas), y el otro, la suplementación (sin

suplementación vs. suplementado a razón del 1 % del peso vivo con DDGS); conformándose los siguientes tratamientos:

1) Pastoreo libre, sin suplemento (PLSS). Los animales permanecían todo el día sin poder acceder a la sombra ni al suplemento.

2) Pastoreo libre, con suplementación (PLCS). Los animales permanecían en la parcela sin acceso a la sombra pero se le suministró DDGS a razón del 1 % del peso vivo.

3) Encierro diurno, sin suplemento (EDSS). Se retiraban los animales de la pastura y eran encerrados entre las 10:00 y las 16:00 horas en corrales con sombra y agua.

4) Encierro diurno, con suplementación (EDCS). Los animales eran retirados de la pastura y encerrados en corrales con sombra y agua entre las 10:00 y las 16:00 horas, pero se le suministró DDGS a razón del 1 % del peso vivo.

Los 48 animales fueron asignados al azar en 8 grupos, y estos fueron sorteados a uno de los cuatro tratamientos mencionados anteriormente, arrojando un total de 8 unidades experimentales.

La presencia de sombra natural en uno de los bordes del potrero no permitieron que la ubicación espacial de las unidades experimentales fuera realizada de forma aleatoria. En la parcela que incluía la sombra fueron asignados al tratamiento EDSS.

### 3.7 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Las unidades experimentales pastorearon en 8 parcelas individuales (no fijas), una por repetición de forma semanal con una oferta de forraje de 8 kg MS/100 kg de peso vivo animal. La oferta de forraje fueron ajustadas semanalmente variando el tamaño de la franja en función del último peso vivo registrado y de la disponibilidad de biomasa en base seca (no se consideraron las proyecciones de la ganancia en 7 días para el ajuste del peso vivo, ni la tasa de crecimiento del sorgo).

El suplemento fue ofrecido de forma diaria a la hora 7:00 en la parcela, usando comederos grupales de 1,7 metros de largo y 0,52 metros de ancho con acceso por ambos lados.

Los animales pertenecientes a los tratamientos con encierro, tenían agua a total disposición junto a la sombra, mientras que a los que pastorearon libres se les permitieron acceder a los bebederos por un tiempo aproximado de 10 minutos;

generalmente luego de haber ingerido el suplementos y antes de la hora del encierro, en ocasiones se les suministraba el agua por la tarde, debido a problemas operativos.

### 3.8 REGISTRO Y MEDICIONES

#### 3.8.1 Peso vivo

Los animales fueron pesados cada 14 días. Se los encerraban al final de la tarde con previo registro del peso vivo lleno, y al día siguiente por la mañana luego de un ayuno de 12 horas. El pesaje se realizaba sin ningún orden de ingreso predeterminado, mezclando todos los tratamientos.

La balanza utilizada para los registros de peso siempre fue la misma al correr de todo el experimento.

#### 3.8.2 Biomasa y altura del forraje disponible

La biomasa (materia seca) de forraje disponible para definir el tamaño de franja fueron determinadas semanalmente en el área que se estimaron, que podrían ser utilizada durante los 7 días, de forma individual para cada unidad experimental.

La estimaciones se realizaron mediante la técnica de doble muestreo (Haydock y Shaw, 1975). Se marcaron y cortaron 2 escalas de 3 puntos usando un cuadrado de 30 cm de lado (0,09 m<sup>2</sup>), se registraron las alturas del forraje en 5 sitios de la diagonal del cuadrado en cada una de las muestras tomadas. Para determinación de la frecuencia de aparición de los diferentes puntos de la escala se realizaron 50 lanzamientos al azar por parcela, adicionalmente también fueron registradas las alturas en cada uno de los cuadrados lanzados. Las alturas se determinaron con regla tomando el punto en que la hoja viva más alta toca la regla (sin extender).

Las muestras fueron secadas en estufa de aire forzado a 60 °C hasta peso constante, se registraron el peso seco y se las conservaron para posteriores análisis químicos.

#### 3.8.3 Consumo

El consumo de forraje fueron estimados en cada parcela, todas las semanas, por medio del método agronómico (Moliterno, 1997) como el forraje desaparecido (ofrecido menos rechazado). Para la materia seca ofrecida se tomaron los valores obtenidos en el cálculo de forraje disponible. El rechazo se determinan al momento de la salida de la franja, con el mismo método usado para el forraje disponible, recalibrando cada punto de la escala.

El consumo de suplemento fueron estimados diariamente en cada una de las unidades experimentales como la diferencia entre el peso de materia seca ofrecida y rechazada.

#### 3.8.4 Patrón de comportamiento ingestivo

En las semanas 2, 5 y 9, durante el segundo y sexto día de cada semana (luego de ingresar a la nueva franja), se caracterizaron el comportamiento ingestivo mediante observación visual, registrando las actividades de pastoreo, rumia, descanso y consumo de suplemento. Estas observaciones se realizaron en 4 animales de cada unidad experimental (escogidos al azar al inicio y mantenidos hasta el final), cada 20 minutos, en el período de 7:00 a 19:00 horas. La tasa de bocado fue medida a las 7:00 previo a la suplementación y las 16:00 horas, registrando el número de bocados de prehensión realizados en un minuto.

#### 3.8.5 Patrón de defoliación

Durante las semanas de registro del comportamiento (2, 5 y 9), la altura de la franja se midieron diariamente a las 7:00 y 19:00 horas tomando 50 mediciones de altura de la pastura por parcela.

#### 3.8.7 Indicadores de estrés por calor

Los indicadores de estrés térmico medidos fueron: tasa respiratoria y score de jadeo. Las mediciones se realizaron, en los mismos 32 animales seleccionados para comportamiento ingestivo.

Los momentos en que se realizaron las mediciones fueron a las 7:00 horas (previo al suministro del suplemento) y a las 16:00 horas (antes de ser sacados de la sombra), tres días a la semana, todas las semanas. Las fechas en que se realizaron fueron elegidas en función del pronóstico meteorológico de forma tal de tener registros de días termo neutrales ( $ITH < 74$ ) y de días calurosos ( $ITH \geq 74$ , Mader et al., 2002).

La tasa respiratoria fue medida a través del número de movimientos del flanco en 60 segundos.

El score de jadeo fue obtenido por apreciación visual a partir de la observación del animal, del patrón respiratorio individual y del nivel de salivación conforme se describe en el cuadro No. 11, y las mismas se evaluaron junto a la tasa respiratoria.

Cuadro No. 11. Escalas de jadeos asignados a novillos

Score	Descripción
0	Respiración normal.
1	Respiración elevada.
2	Jadeo moderado y/o presencia de baba o pequeña cantidad de saliva.
3	Jadeo pesado de boca abierta; saliva usualmente presente.
4	Jadeo severo con la boca abierta acompañado de sobresaliente lengua y salivación excesiva; generalmente con cuello extendido hacia adelante.

Fuente: Mader et al. (2006).

### 3.8.8 Registros meteorológicos

La temperatura del ambiente se midieron en cuatro puntos del experimento mediante la colocación de globos negros a 2,65 metros de altura (2 al sol y 2 bajo la sombra). Además se tomaron datos de temperatura y humedad relativa de la estación meteorológica automática de la EEMAC (Modelo Vantage Pro 2, Davis Instruments, CA, 2007). La temperatura se registraron dentro de las esferas cada 30 minutos mediante sensores Kooltrk (iButtons-TMEX modelo DS1921, Dallas Semiconductors, Dallas, TX).

Se calcularon los índice de temperatura y humedad con la formula  $ITH = (1,8 * Ta + 32) - (0,55 - 0,55 * HR/100) * (1,8 * Ta - 26)$  donde Ta es temperatura del aire (°C) y HR humedad relativa del aire (%) tomados de la estación meteorológica cada media hora. También se compararon los ITH al sol y a la sombra para los cuales se usaron los datos de temperatura de los globos negros y la humedad relativa de la estación meteorológica.

### 3.9 ANÁLISIS QUÍMICOS

Las muestras frescas fueron secadas en estufa a 60 °C hasta peso constante con el fin de determinar el contenido de materia seca y posteriormente fueron molidas. Se realizaron dos muestras compuestas, una de DDGS y otra del forraje ofrecido, las cuales fueron enviadas al laboratorio de nutrición animal de la Facultad de Agronomía donde se determinaron las fracciones proteína cruda, cenizas, extracto etéreo, según los métodos analíticos recomendados por la AOAC (1990, 2007). La fibra detergente neutra, la fibra detergente ácida y nitrógeno adherido a fibra fueron determinados según lo descrito por Goering y Van Soest (1970).

### 3.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

El experimento fue analizado según un diseño totalmente casualizado con arreglo factorial de tratamientos, considerándose como repetición a la parcela pastoreada por 6 novillos.

Las variables: ganancia del peso vivo (GMD), peso vivo (PV), eficiencia de conversión (EC) y el ITH calculado a partir de datos registrados por globos negros fueron analizadas utilizando el procedimiento GLM de SAS; el mismo utiliza el método de mínimos cuadrados para ajustar modelos lineales generales. La GMD se calcularon 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 utilizaron el mismo modelo general incluyendo los efectos principales y su interacción, y la covariable peso vivo de inicio.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \tau_j + (\alpha\tau)_{ij} + PV_{\text{inicio}} + \epsilon_{ijk}$$

Donde,

$Y_{ijk}$ : GMD, PV final y EC

$\mu$ : media poblacional (peso vivo)

$\alpha_i$ : efecto relativo del i-ésimo nivel de suplementación

$\tau_j$ : efecto del j-ésimo nivel de restricción del pastoreo

$(\alpha\tau)_{ij}$ : interacción entre suplementación y restricción del pastoreo

$\epsilon_{ijk}$ : error experimental (entre animales)

ITH calculado con datos globo negro:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + D_j + \epsilon_{ijk}$$

Donde,

$Y_{ijk}$ : variable de respuesta

$\mu$ : media general

$\alpha_i$ : efecto del i-ésimo tratamiento globos negros (sombra o sol)  $i=2$

$D_j$ : efecto del j-ésimo día

$\epsilon_{ijk}$ : 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 consumos) y en el animal (tasa de bocado y frecuencia respiratoria), fueron estudiados mediante el procedimiento Mixed de SAS, el cual ajusta de acuerdo al siguiente modelo lineal general:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \tau_j + (\alpha\tau)_{ij} + \psi_k + (\alpha\psi)_{ik} + (\tau\psi)_{jk} + (\alpha\tau\psi)_{ijk} + \delta_l(\psi_k) + \epsilon_{ijkl}$$

Donde,

$Y_{ijkl}$ : variable de respuesta

$\mu$ : media general

$\alpha_i$ : efecto del i-ésimo nivel de suplementación

$\tau_j$ : efecto del j-ésimo nivel de restricción del pastoreo

$(\alpha\tau)_{ij}$ : interacción entre suplementación y restricción del pastoreo

$\psi_k$ : efecto del k-ésimo período (semana)

$(\alpha\psi)_{ik}$ : interacción entre suplementación y período

$(\tau\psi)_{jk}$ : interacción entre restricción y período

$(\alpha\tau\psi)_{ijk}$ : interacción entre suplementación, restricción del pastoreo y período

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

$\epsilon_{ijkl}$ : error experimental

El efecto de los tratamientos de suplementación y restricción del pastoreo sobre las variables relacionadas al comportamiento ingestivo (probabilidad individual de pastoreo, rumia y descanso), fueron analizadas utilizando el procedimiento GLIMMIX de SAS, modelo lineal generalizado mixto de medias repetidas en el tiempo con la siguiente formula general:

$$\ln(p_{ijkl} / (1 - p_{ijkl})) = \mu + \alpha_i + \tau_j + (\alpha\tau)_{ij} + \psi_k + (\alpha\psi)_{ik} + (\tau\psi)_{jk} + (\alpha\tau\psi)_{ijk} + \delta_l(\psi_k)$$

Donde,

$p_{ijkl}$ : probabilidad de pastoreo, rumia o descanso

$\mu$ : media general

$\alpha_i$ : efecto del i-ésimo nivel de suplementación

$\tau_j$ : efecto del j-ésimo nivel de restricción del pastoreo

$(\alpha\tau)_{ij}$ : interacción entre suplementación y restricción del pastoreo

$\Psi_k$ : efecto del k-ésima semana

$(\alpha\psi)_{ik}$ : interacción entre suplementación y semana

$(\tau\psi)_{jk}$ : interacción entre restricción del pastoreo y semana

$(\alpha\tau\psi)_{ijk}$ : interacción entre suplementación, restricción del pastoreo y semana

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

El efecto de la suplementación y restricción al pastoreo sobre el nivel de jadeo fue estudiado mediante el test exacto de Fisher que surgen del conteo de casos, evaluado en tablas de contingencias, utilizando el procedimiento FREQ de SAS, produce una tabla de frecuencia unidireccional para cada variable en el conjunto de datos.

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 CLIMÁTICOS

En el cuadro No. 12 se muestran las principales variables para la caracterización meteorológica del período experimental con sus valores promedio mensuales.

Cuadro No. 12. Temperaturas diarias media, máxima, mínima, humedad relativa, precipitaciones y el promedio mensual de ITH

	enero	febrero	marzo	abril
Temperatura media (°C)	23,4	23,1	20,1	18,1
Temperatura máxima media (°C)	28,1	28,7	25,4	23,8
Temperatura mínima media (°C)	19,1	17,3	15,0	12,7
Humedad relativa (%)	85	72	76	78
Precipitaciones (mm)	497	105	69	71
ITH*	72,8	71,2	66,9	63,8

\*ITH (índice de temperatura y humedad) =  $(1,8 * Ta + 32) - (0,55 - 0,55 * HR/100) * (1,8 * Ta - 26)$ .  
Donde: Ta. es temperatura del aire (°C) y HR es humedad relativa del aire (%).

Fuente: Facultad de Agronomía. EEMAC<sup>1</sup>

Comparando estos datos con los registros publicados para una serie de treinta años para la región (MDN. DNM, 1996, anexo No. 1), la temperatura e IHT promedio no mostraron variaciones importantes (año promedio), pero sí las precipitaciones acumuladas que en el período experimental fueron 742 mm; en el mes de enero se registraron precipitaciones acumuladas de casi 5 veces más respecto a la media histórica, para los meses siguientes los registros fueron menores a la media, de 80, 65 y 69 % para los meses de febrero, marzo y abril respectivamente. El verano fue marcadamente lluvioso en los primeros meses y con déficit hídrico en los últimos meses del mismo, lo cual llevaron a que se tenga una buena implantación y un gran crecimiento inicial de la pastura, pero que gradualmente fue disminuyendo por falta de agua, también pudo existir un posible efecto por mayor nubosidad, lo que conlleva a una menor generación de fotoasimilados. Cabe mencionar, que la parcela está ubicada en una zona alta con buen drenaje natural, por lo tanto el barro en la franja no fue un problema.

Con respecto al índice de riesgo de estrés calórico o ITH calculado en base a las temperaturas medias y humedad relativa promedio para cada mes, mostraron que en promedio el nivel fue de alerta o estrés medio para enero (ITH= 72,8) y sin estrés o

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía. EEMAC. 2019. Registros climatológicos de la Estación Meteorológica Automática. (sin publicar).

normal para los meses de febrero (ITH= 71,2), marzo (ITH= 66,9) y abril (ITH= 63,8) según los rangos de ITH propuestos por Wiersma, citado por Rovira (2012c). En la figura No. 2 se presenta la distribución en porcentaje del tiempo que ocuparon cada intervalo de la escala de ITH para los meses mencionados.

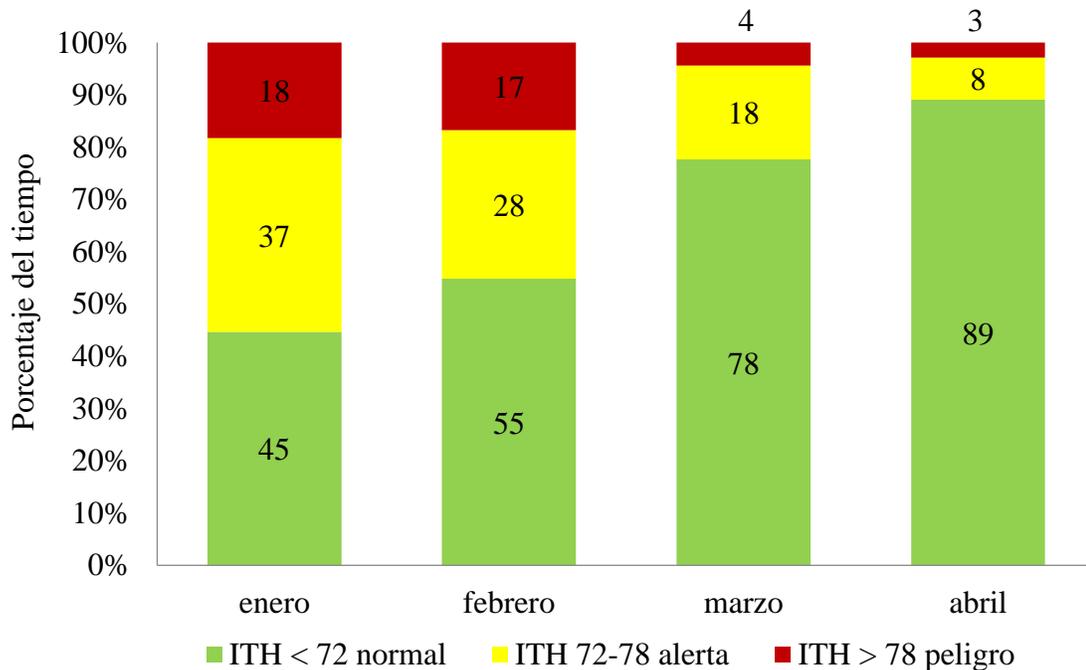
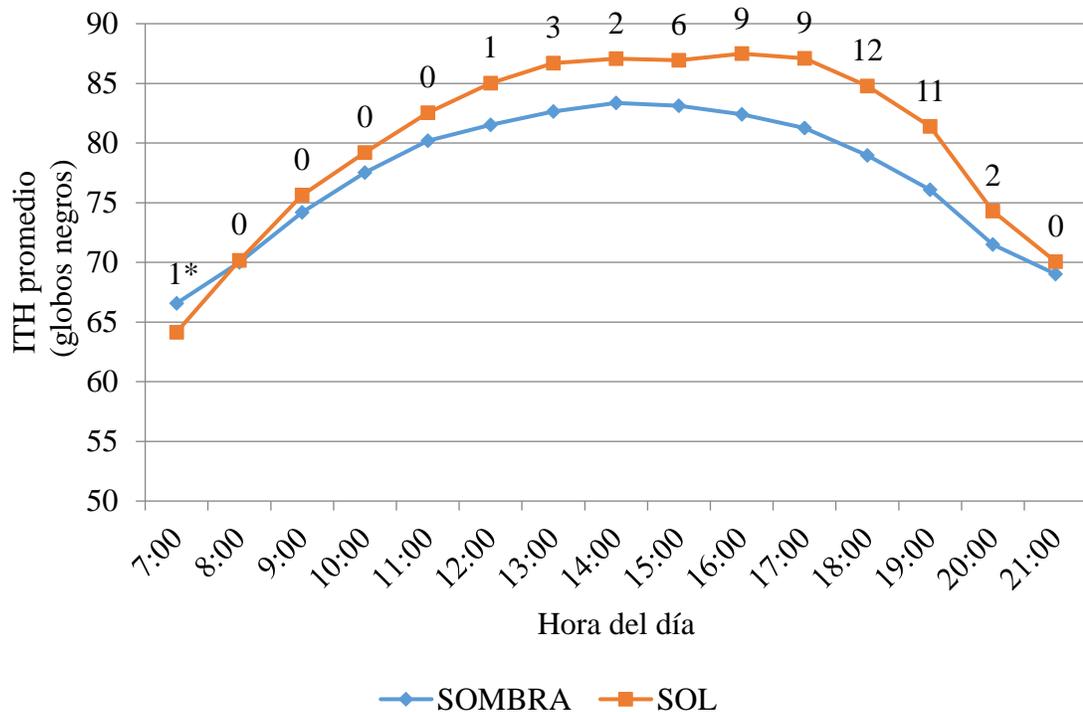


Figura No. 2. Proporción de cada intervalo de IHT para los primeros cuatro meses del 2019

Los meses en que se registraron la mayor cantidad de horas con ITH por encima del valor crítico (ITH=72), fueron enero y febrero con 412 y 304 horas respectivamente, siendo estos valores un 55 y 45 % del total de las horas de cada mes. El mes de marzo tuvo una menor cantidad de horas acumuladas, siendo de 166 horas, que representa el 22 % del total de horas para ese mes. En abril, dicho indicador pierde relevancia ya que únicamente se acumularon 78 horas durante todo el mes.

Debido a que el experimento no se desarrolló a lo largo de todos los meses mencionados anteriormente, a continuación se resumen los datos de ITH para el período experimental: promedio 70, máximo 87, mínimo 48, el 15,5 % del tiempo el ITH fue mayor a 78, 28 % entre 72-78 y el 56,5 % por debajo de 72, quedando así establecido que el 43,5 % del tiempo los animales sufrieron algún tipo de estrés térmico sin llegar a registrarse eventos de estrés del tipo muy severo ni riesgo de muerte.

Además, se analizaron el ITH con los datos de temperatura extraídos de los globos negros tanto al sol como a la sombra, y se obtuvo que el ITH promedio (período 1) para la sombra fue de 73,2 mientras que al sol se alcanzaron un valor medio de 76,9 siendo significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ). En la figura No. 3 se describe gráficamente cómo fueron los valores de ITH promedios diurnos durante el período de registro de temperaturas en los globos negros.



\*Las etiquetas de datos presentadas en las gráficas corresponde a los números de días que dichos valores fueron significativamente diferentes ( $P \leq 0,05$ ) para un total de días evaluados (43 días).

Figura No. 3. Efectos de la sombra en el ITH calculado con el registro de globos negros al sol y a la sombra

Se puede afirmar que, realmente la sombra tuvo un efecto significativo ( $P \leq 0,05$ ) sobre la reducción del ITH promedio en algunas horas dentro del período de restricción (10:00 a 16:00 horas), por lo menos en 9 días (21 %) dentro del total evaluados (43 días).

## 4.2 CARACTERÍSTICAS DE LA BASE FORRAJERA

### 4.2.1 Caracterización del forraje disponible

En el cuadro No. 13 se presentan las principales características del forraje ofrecido (sorgo forrajero) para los cuatro tratamientos utilizados en el período experimental. También se aprecia la composición química del forraje de una muestra compuesta para el primer pastoreo, y otra para el rebrote del sorgo.

Cuadro No. 13. Disponibilidad, altura y composición química del sorgo forrajero ofrecido para pastoreo

Tratamientos*	PLSS	PLCS	EDSS	EDCS
Disponibilidad (kg MS/ha)	6207 a	6171 a	6630 a	6983 a
Altura (cm)	97,5 a	93,5 a	95,2 a	102,7 a
Composición química** (% MS)	Primer pastoreo		Rebrote	
Cenizas	13,1		13,0	
Proteína cruda	7,1		10,7	
Fibra detergente neutro	62,9		62,3	
Fibra detergente ácido	33,0		32,4	
Energía metabolizable***(Mcal/kg)	2,28		2,30	

\*Donde: PLSS es igual a pastoreo libre sin suplemento, PLCS es pastoreo libre con suplemento, EDSS es pastoreo con encierre diurno sin suplementación y EDCS es pastoreo con encierre diurno y con suplementación. \*\*Muestras cortadas al ras del suelo. \*\*\*EM = EB x DMS x 0,82. DMS = 88,9 - (%FDA x 0,779), publicado por Di Marco (2011). Medias seguidas de diferente letra en la misma línea difieren (P<0,10).

La biomasa de forraje ofrecido promedio para todo el período fue de 6498 kg MS/ha, no existiendo diferencias significativas entre tratamientos (P>0,10), pero variando significativamente entre semanas de muestreo (P<0,0001), siendo un 10,5 % mayor para el primer pastoreo y un 15,1 % inferior para el segundo pastoreo. De igual manera, la altura promedio fue de 97,2 cm, sin diferencias estadísticas entre tratamientos (P>0,05), pero variando significativamente entre semanas de muestreo (P<0,0001).

La producción de materia seca bajo pastoreo evaluada conjuntamente con el experimento fue de 12529 kg/ha y la tasa de crecimiento desde siembra a primer pastoreo fue 139 kg MS/ha/día (Zabalveytia et al., 2019), lo cual resultaría muy superior a los 9827 kg/ha reportados por INIA e INASE (2019) para este tipo de verdeo, en el mismo verano con un período de tiempo similar, y a los 8800 kg/ha reportados por Leborgne, citado por Zabalveytia et al. (2019).

En relación con la composición química de la planta, comparada con el promedio de la evaluación de INASE presentada en el cuadro No. 3 para el mismo año, mostraron menor contenido porcentual de PC, FDA para el rebrote y registraron un contenido mayor de cenizas y FDN. Los resultados presentados por Lagomarsino et al. (2017), para dos experimentos en dos años en sorgo forrajero (PC valores de 9 %, FDN de 63,3 % y FDA de 40 %), promedialmente se asemejan.

#### 4.2.2 Caracterización del forraje rechazado

En el cuadro No. 14 se presenta la caracterización del forraje rechazado en cuanto a su disponibilidad y altura según tratamiento.

Cuadro No. 14. Biomasa y altura promedio del material rechazado por cada tratamiento

Tratamientos*	PLSS	PLCS	EDSS	EDCS
Biomasa rechazo(kg MS/ha)	3056 a	3621 a	2181 b	3406 a
Altura (cm)	37,8 b	49,6 a	27,2 c	40,5 ab

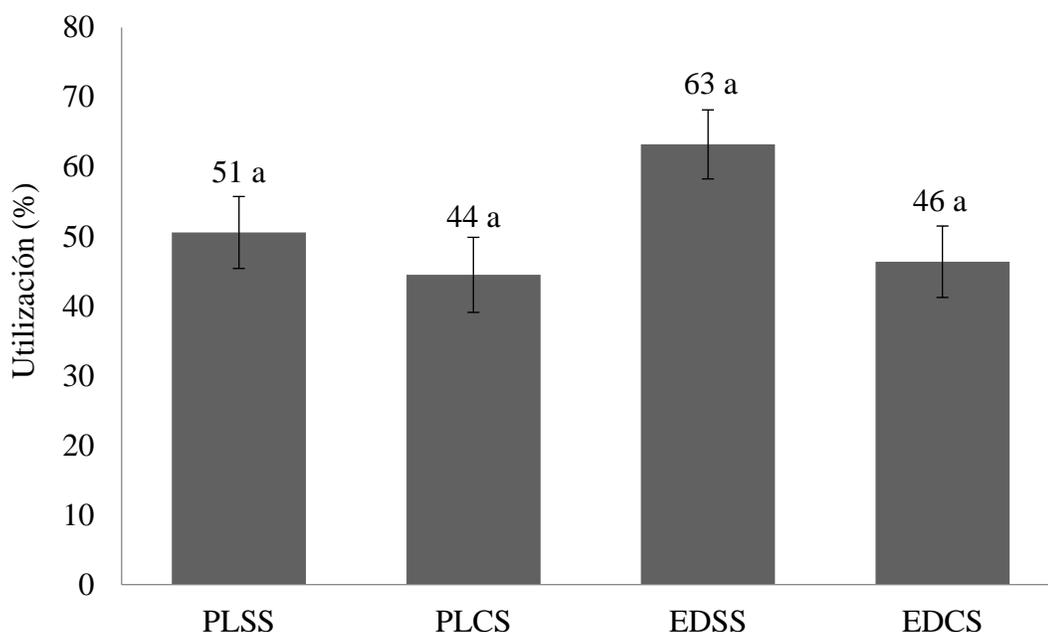
\*Donde: PLSS es igual a pastoreo libre sin suplemento, PLCS es pastoreo libre con suplemento, EDSS es pastoreo con encierre diurno sin suplementación y EDCS es pastoreo con encierre diurno y con suplementación. Diferente letra en la misma línea difieren ( $P < 0,10$ ).

La biomasa de forraje residual fue afectada, aumentando cuando se suplemento (2619 vs. 3514 kg MS/ha,  $P < 0,0001$ ), disminuyendo con el manejo del pastoreo con encierro (3338 vs. 2794 kg MS/ha,  $P = 0,0049$ ) y por la semana de muestreo ( $P < 0,0001$ ). En cambio, para la interacción manejo del pastoreo por suplementación, solo se observaron una tendencia de afectar de forma positiva a los animales en pastoreo libre ( $P = 0,0777$ ).

La altura de rechazo también fue afectada (mayor altura) por la suplementación ( $P = 0,0001$ ) y por el manejo del pastoreo libre ( $P = 0,0017$ ), existieron efectos de las semanas de muestreo ( $P = 0,0006$ ), pero no así con la interacción de los factores ( $P = 0,7988$ ).

#### 4.2.3 Utilización de forraje

La utilización del forraje fue afectada significativamente por las semanas de muestreo ( $P < 0,0001$ ) y se observaron una tendencia negativa por la suplementación ( $P = 0,0942$ ), pero no por el manejo del pastoreo ( $P = 0,2361$ ), ni por la interacción entre ambos factores ( $P = 0,3578$ ). En la figura No. 4 se representan las utilizaciones para los diferentes tratamientos.



Donde: PLSS es igual a pastoreo libre sin suplemento, PLCS es pastoreo libre con suplemento, EDSS es pastoreo con encierre diurno sin suplementación y EDCS es pastoreo con encierre diurno y con suplementación. Diferente letra difieren ( $P < 0,05$ ).

Figura No. 4. Utilización de pasturas para los diferentes tratamientos

Rovira (2012c) publicó un trabajo realizado en el verano del 2000 donde evaluó el efecto de la sombra en animales pastoreando un verdeo de verano de sudangrás con una dotación de 5,3 novillos cruza por hectárea (401 kg/animal), el cual arrojaron que la disponibilidad de sombra con libre acceso no afectaron la utilización del forraje (sin sombra 53,5 % y con sombra 54,7 %) ofrecido por el verdeo ( $P > 0,05$ ).

En la misma línea del trabajo anterior, Velazco et al. (2012a) publicaron una labor realizada en el verano del 2007 con el objetivo de evaluar el efecto de la restricción en el tiempo de acceso a la sombra (11:00 a 16:00 horas), sobre sudangrás y una dotación de 7 novillos cruza, por hectárea (278 kg/animal). Como resultado de dos ciclos de pastoreo, el porcentaje de utilización del forraje total fue menor en el tratamiento donde los animales no tenían acceso a sombra, reportaron 36 y 45 % de utilización para el tratamiento sin sombra, 51 y 62 % de utilización para el tratamiento con sombra restringida en el primer y segundo ciclo de pastoreo, respectivamente.

Por otro lado, Lagomarsino et al. (2017), pastoreando con una carga fija de 7,5 novillos Hereford por hectárea (304 kg/animal) sobre verdesos de sorgo forrajero y sudangrás, suplementados con expeler de girasol al 1 % del peso vivo en dos años consecutivos (verano 2012 y 2013), encontraron porcentajes de utilización de 54,4 %

para los no suplementados y 45,9 % para los suplementados, correspondiente al año 1 ( $P < 0,01$ ). Pero no se encontraron la misma respuesta al suplemento en el siguiente año, 48 % y 46,7 % ( $P > 0,05$ ) para no suplementados y suplementados, respectivamente, cabe destacar que no encontraron un efecto del tipo de verdeo por la suplementación en ambos años ( $P > 0,05$ ).

Rovira (2002), en un experimento sobre un verdeo y otro sobre una pradera, mezcla de gramíneas y leguminosas en verano, tampoco encontró diferencias en la utilización de la pastura ( $P > 0,05$ ).

Según Beretta et al. (2005), con una asignación de forraje de 6 % del peso vivo sobre pasturas en verano, encontraron porcentajes de utilización de 24,3 % para pastoreo libre y 23,9 % para pastoreo restringido.

También Cortazzo et al. (2007) para una asignación de 6 % sobre una pastura mezcla de gramíneas y leguminosas en el período estival no encontraron diferencias significativas entre el tratamiento con pastoreo libre y pastoreo restringido (45,9 y 41,5 % de utilización, respectivamente). Si bien todos estos valores son inferiores a los encontrados, concuerdan en el hecho de que no existieron diferencias entre pastoreo libre y restringido.

#### 4.3 CONSUMO

En el cuadro No. 15 se presentan las medias de consumo expresadas como porcentaje del peso vivo y en kilos de materia seca por día para cada tratamiento.

Cuadro No. 15. Efecto del manejo del pastoreo y la suplementación sobre el consumo de materia seca

MP S.	Pastoreo libre		Encierro diurno		EE	Pr > F		
	0 %	1 %	0 %	1 %		MP	S.	MP×S.
CMSF (% PV)	4,83	3,79	5,77	4,93	0,405	+	+	ns
CMSF (kg/a./día)	13,02	11,06	15,25	14,43	1,107	+	ns	ns
CMSC (kg/a./día)	---	3,00	---	3,01	0,034	ns	---	---
CMST (kg/a./día)	13,02	14,00	15,25	17,36	1,090	+	ns	ns

Donde: MP es equivalente a manejo del pastoreo (en pastoreo libre los animales permanecen en la parcela todo el día; los con encierro diurno, los animales se encierran entre las 10:00 y las 16:00 horas en corral con sombra y agua), S. es suplemento, EE es el error estándar, CMSF es consumo de materia seca de

forraje en kg por animal por día o porcentaje del peso vivo, CMSC es consumo de materia seca de concentrado en kg por animal por día y CMST es consumo de materia seca total en kg por animal por día. \*\*( $P < 0,01$ ), \*( $P < 0,05$ ), +( $P < 0,10$ ), ns( $P > 0,10$ ).

#### 4.3.1 Consumo de forraje

El consumo de forraje (% del peso vivo) tendieron a ser menor por la suplementación (5,30 vs. 4,36 % PV,  $P = 0,0814$ ) y el manejo del pastoreo cuando este fue libre (4,31 vs. 5,35 % PV,  $P = 0,0626$ ), pero no así por la interacción de ambos ( $P = 0,8239$ ).

Esta tendencia registrada en los tratamientos suplementados serían consecuencia del efecto que se conoce como sustitución, refiere a la cantidad de forraje que deja de ser consumido por unidad de suplemento suministrado. Para este caso, la tasa de sustitución promedio fue de 0,65 y 0,27 para los tratamientos en pastoreo libre y encierro diurno, respectivamente.

La tendencia observada en los animales en pastoreo restringido con acceso a sombra de presentar mayor consumo de materia seca de forraje respecto a los que pastorearon libremente, que pudieran estar dadas por diversas causas, ya que es un mecanismo complejo y regulado por múltiples factores (Della-Fera y Baile, 1984). Se sabe que el calor desprendido por la fermentación ruminal, entre otros, modula la limitante metabólica del consumo (Mc Dowell, citado por Araujo-Febres, 2005), debido a esto quizá el acceso a sombra le permitieron a los animales disipar más fácilmente ese calor y levantar dicha limitante.

Si bien todos los animales tuvieron acceso al agua, los que pastorearon libremente lo hicieron durante 10 minutos una o dos veces al día, mientras que los animales que fueron encerrados estuvieron con agua durante todo ese período de tiempo (6 horas), siendo éste otro de los factores que podrían explicar la diferencia entre consumos de forraje. El consumo de agua está estrechamente relacionado con el consumo de materia seca (aproximadamente 4,5 kg agua/kg MS) y la temperatura ambiente (Mc Dowell, citado por Araujo-Febres, 2005).

#### 4.3.2 Consumo de suplemento

El suplemento fue ofrecido a razón del 1 % del peso vivo y no existieron rechazo de este en todo el período experimental. El consumo de suplemento fue de 3,00 y 3,01 kg MS/a./día para los tratamientos de pastoreo libre y restringido, respectivamente; no hubo diferencias significativas ( $P > 0,10$ ).

## 4.4 COMPORTAMIENTO ANIMAL

### 4.4.1 Tiempo de pastoreo, rumia y descanso

La suplementación redujo de forma significativa el tiempo de pastoreo ( $P=0,0043$ ) medido como porcentaje del tiempo; además, se encontraron una tendencia a ser afectado por el manejo del pastoreo ( $P=0,0911$ ) y por la interacción con el suplemento ( $P=0,0940$ ), el cual tendieron a ser mayor en animales con pastoreo libre.

En cuanto al tiempo dedicado a rumia, se encontró una reducción afectado por el manejo del pastoreo libre ( $P=0,0012$ ) y por la suplementación ( $P=0,0023$ ), no siendo así para la interacción entre ambos efectos ( $P=0,1797$ ).

El descanso como porcentaje del tiempo aumento con el efecto de la suplementación ( $P=0,0004$ ); además, tendieron a ser mayor por efecto del manejo del pastoreo libre ( $P=0,0671$ ), y por la interacción de ambos ( $P=0,0698$ ).

La tasa de bocado promedio fue afectada negativamente por la suplementación ( $P=0,0261$ ), pero no así por el manejo del pastoreo ( $P=0,7294$ ), ni la interacción de los anteriores factores ( $P=0,6472$ ).

El efecto días dentro de la semana fue significativo ( $P<0,0001$ ) para todos los casos. El análisis estadístico para la probabilidad del tiempo gastado en otras actividades (tomar agua, traslado, consumo de suplemento, etcétera), no convergieron, por lo cual se reportan las medias aritméticas. En el cuadro No. 16 se presentan las medias ajustadas por tratamiento, tasa de bocado para la mañana (comienzo de mediciones 7:00 horas), tarde (comienzo de mediciones 16:00 horas) y promedio para cada tratamiento.

Cuadro No. 16. Efecto de la suplementación y del manejo del pastoreo sobre las actividades de pastoreo, rumia y descanso, expresado como proporción del tiempo, junto a la tasa de bocado a la mañana, a la tarde y promedio para cada tratamiento

MP	Pastoreo libre		Encierro diurno		EE	Pr > F		
	0 %	1 %	0 %	1 %		MP	S.	MP×S.
Pastoreo	51,9	34,3	42,0	34,3	2,1	+	**	+
Rumia	17,5	8,8	27,6	19,2	1,4	**	**	ns
Descanso	26,3	46,1	26,2	38,1	1,4	+	**	+
Otros	4,3	10,8	4,2	8,4	---	---	---	---

TB mañana	13,5	12,9	13,0	11,6	0,71	*	ns	ns
TB tarde	12,5	11,2	13,8	12,3	0,71	*	ns	ns
TB promedio	13,0	12,0	13,4	12,0	0,53	ns	*	ns

Donde: MP es equivalente a manejo del pastoreo (en pastoreo libre los animales permanecen en la parcela todo el día; los con encierro diurno, los animales se encierran entre las 10:00 y las 16:00 horas en corral con sombra y agua), S. es suplemento, TB es tasa de bocados (bocados/minuto) y EE es el error estándar. \*\*( $P < 0,01$ ), \*( $P < 0,05$ ), +( $P < 0,10$ ), ns( $P > 0,10$ ).

A pesar de que los animales con encierro consumieron más forraje (CMSF), no se reflejaron en la actividad de pastoreo, siendo ésta menor cuando se la compara con pastoreo libre. Se observaron también, un aumento de la tasa de bocado promedio en la tarde para los animales restringidos, sumado a un forraje con menor contenido de agua, lo que podrían explicar el mayor consumo de materia seca.

Velazco et al. (2012a) encontraron que la restricción del pastoreo (sombra de 11:00 a 16:00 horas) no afectaron el pastoreo diurno ( $P > 0,05$ ), justificándolo por una compensación mayor de los animales en la actividad de pastoreo en la mañana y tardecita. Del trabajo anterior y otro con las mismas características pero sobre pradera, se destaca que el pastoreo representó un 62 y 54 % del tiempo total para animales sin sombra, y con sombra, respectivamente (Rovira, 2012c).

En el mismo sentido, Lagomarsino et al. (2017) evaluaron la productividad de novillos pastoreando sorgo forrajero y sudangrás con suplementación en dos años consecutivos (2012 y 2013), en cuanto al comportamiento animal en el primer año el tiempo de pastoreo en sorgo fue de 41,7 %, con y sin suplemento variando entre 35,9 y 48,9 % respectivamente ( $P < 0,01$ ). En el segundo año el tiempo de pastoreo en sorgo fue de 53,3 %, con y sin suplemento variando entre 42,7 y 62,8 % respectivamente ( $P < 0,01$ ).

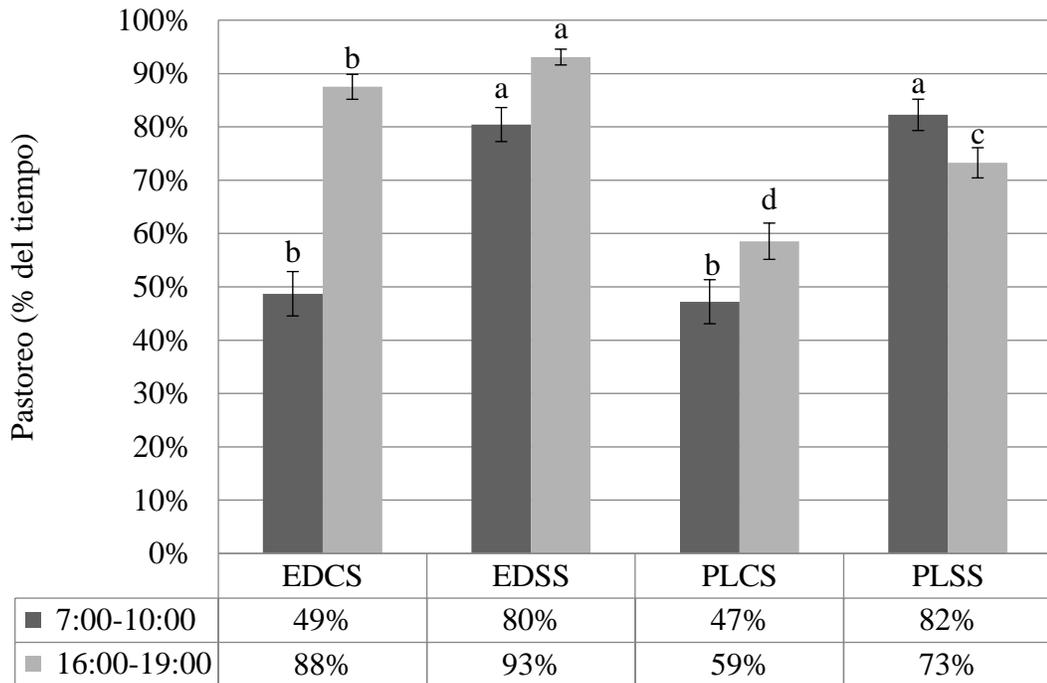
En el mismo trabajo, el tiempo dedicado a rumia en sorgo forrajero fue 16 y 14,3 %, con suplementación 12 y 9,7 %, sin suplementación 18,8 y 12,5 % para el primer y segundo año respectivamente, variando significativamente el efecto del suplemento en ambos años ( $P < 0,05$ , Lagomarsino et al., 2017).

Reportaron también que el tiempo dedicado a descanso en sorgo fue 33,6 y 23,3 %, con suplementación 40,4 y 31,4 %, sin suplementación 26,9 y 19,6 % para el primer y segundo año respectivamente, variando significativamente el efecto del suplemento en ambos años ( $P < 0,01$ , Lagomarsino et al., 2017).

#### 4.4.2 Patrón temporal de pastoreo, rumia y descanso

Se evaluaron tres períodos (7:00 a 10:00, 10:00 a 16:00 y 16:00 a 19:00 horas), durante tres semanas de muestreo, realizadas en el transcurso del experimento.

En el tiempo de pastoreo del primer período (7:00 a 10:00 horas) se encontraron efecto reductor del suplemento (81,3 vs. 47,9 %,  $P < 0,0001$ ), no tuvo efecto el manejo del pastoreo ( $P = 0,8693$ ), ni la interacción de ambos ( $P = 0,6268$ ). En el segundo período evaluado (10:00 a 16:00 horas), mientras los tratamientos EDCS y EDSS estaban en sus respectivos encierres, los novillos pertenecientes a PLCS y PLSS dedicaron a pastorear el 21 y 32 % del tiempo evaluado respectivamente. Y, para el tercer período de pastoreo (16:00 a 19:00 horas) se encontraron incrementos significativos por efecto del manejo del pastoreo cuando el mismo era libre ( $P < 0,0001$ ) y una disminución por efecto de la suplementación ( $P = 0,0094$ ), no se encontraron efecto de la interacción de los mismos ( $P = 0,9723$ ). En la figura No. 5 se presentan las medias ajustadas y agrupadas por tratamiento para pastoreo.



Donde: PLSS es igual a pastoreo libre sin suplemento, PLCS es pastoreo libre con suplemento, EDSS es pastoreo con encierro diurno sin suplementación y EDCS es pastoreo con encierro diurno y con suplementación. Diferente letra dentro del mismo horario difieren ( $P < 0,05$ ).

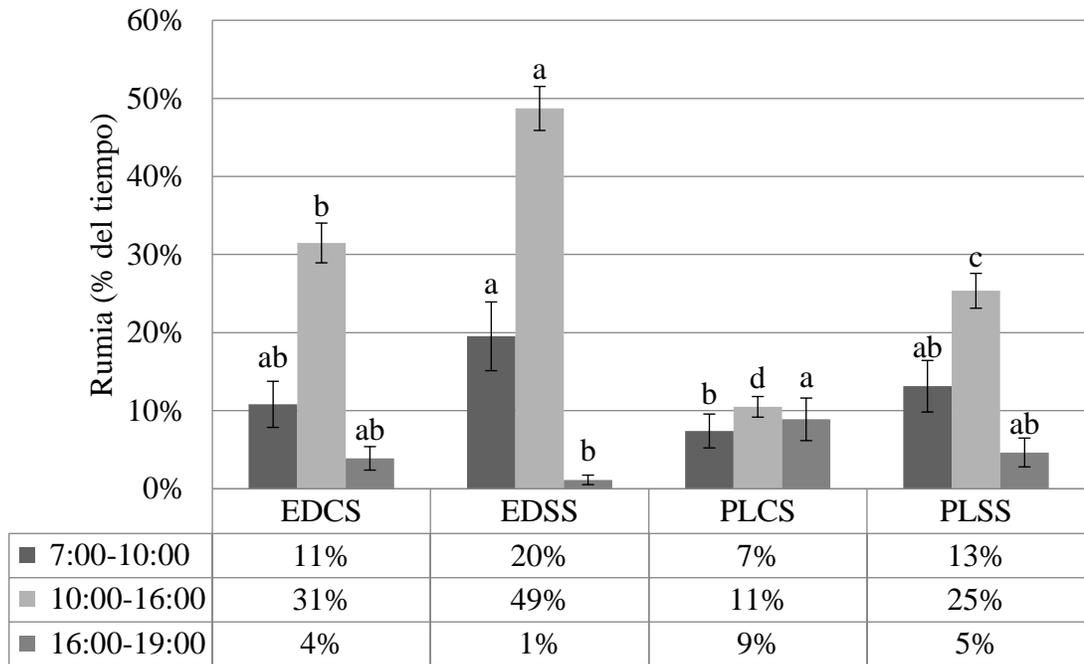
Figura No. 5. Porcentaje del tiempo dedicado a pastoreo en dos períodos del día para los distintos tratamientos

Observando la figura No. 5 se puede concluir que los animales con encierro diurno dedican mayor proporción del tiempo a pastorear cuando estaban en las parcelas, acentuándose en la tardecita, siendo esta una forma de compensar las horas de restricción de acceso al forraje. También se detectaron, por la mañana, efecto en los

tratamientos suplementados explicados por el propio suplemento suministrado al inicio del período de evaluación (7:00 horas), lo que influenciaba a un cambio en el comportamiento, por lo tanto, los animales sin suplementación dedicaron más tiempo al pastoreo cuando se los compararon con los animales suplementados.

Velazco et al. (2012a) obtuvieron resultados que van en la misma línea de los obtenidos en este trabajo, cuando evaluaron novillos con acceso a sombra restringida (11:00 a 16:00 horas) vs. pastoreo libre sin acceso a sombra, en los dos períodos comprendidos por la mañana (6:00 a 11:00 horas) y tardecita (16:00 a 20:30 horas).

Se analizaron también, el tiempo que los animales dedicaron a rumiar, dando como resultado en el período uno, una tendencia negativa por el efecto de la suplementación ( $P=0,0839$ ). En el período dos, el manejo del pastoreo restringido generaron un aumento significativo ( $P=0,0003$ ) y la suplementación afectaron de forma negativa ( $P=0,0011$ ), la interacción de ambos no provocaron efecto significativo sobre el tiempo de rumia ( $P=0,2310$ ). En el tercer período, solo variando de forma significativa por consecuencia del manejo del pastoreo ( $P=0,0308$ ), siendo mayor en los tratamientos con pastoreo libre, la suplementación tendieron a afectar de forma positiva ( $P=0,0582$ ) y la interacción de ambos no provocaron una variación significativa ( $P=0,5065$ ). El efecto día dentro de semana variando significativamente para todos los períodos ( $P<0,01$ ). En la figura No. 6 se presentan las medias ajustadas y agrupadas por tratamiento para rumia.

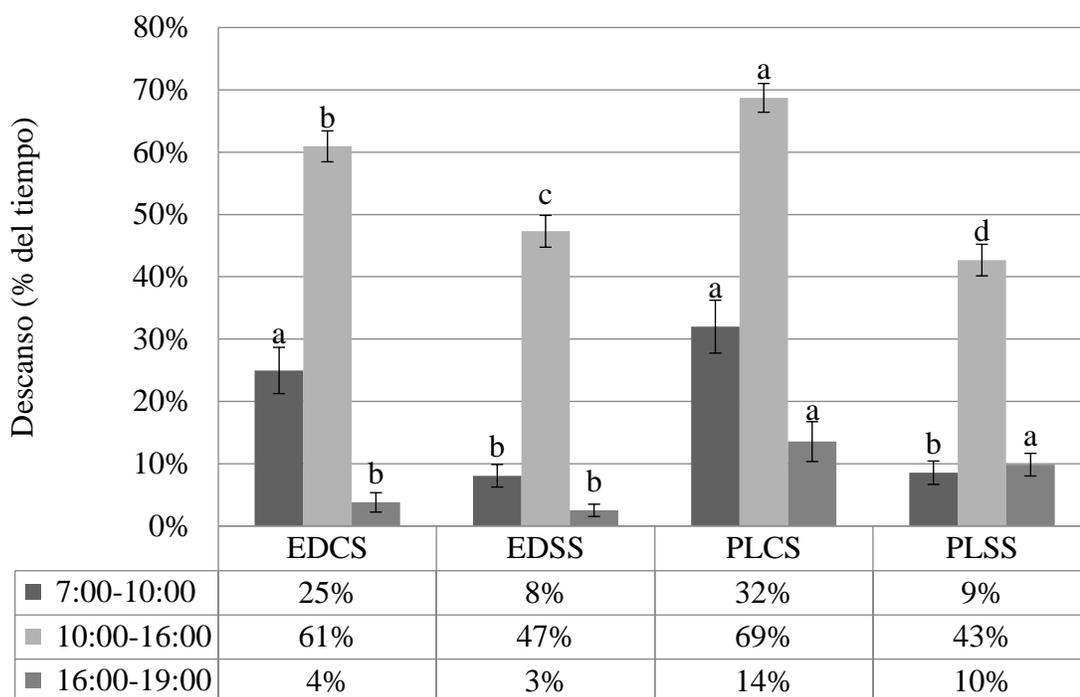


Donde: PLSS es igual a pastoreo libre sin suplemento, PLCS es pastoreo libre con suplemento, EDSS es pastoreo con encierre diurno sin suplementación y EDCS es pastoreo con encierre diurno y con suplementación. Diferente letra dentro del mismo horario difieren ( $P < 0,05$ ).

Figura No. 6. Porcentaje del tiempo dedicado a rumia en tres períodos del día para los distintos tratamientos

Para el tiempo de descanso se encontraron las siguientes respuestas: para el primer período se encontraron efecto positivo del suplemento ( $P=0,0007$ ), no tuvo efecto el manejo del pastoreo ( $P=0,3837$ ), ni la interacción de ambos ( $P=0,5378$ ). En el segundo período, también se encontraron efecto positivo del suplemento ( $P=0,0011$ ), no del manejo del pastoreo ( $P=0,4951$ ), pero se observaron una tendencia en la interacción de ambos ( $P=0,0608$ ) que tendieron a ser mayor para cuando el tratamiento fue PLCS. Para el período tres, se encontró un efecto positivo en el manejo del pastoreo cuando este fue libre ( $P=0,0004$ ), no encontrando efecto de la suplementación ( $P=0,2363$ ), ni de la interacción de ambos ( $P=0,8728$ ).

El efecto día dentro de semana variando significativamente para los tres períodos ( $P < 0,0001$ ). En la figura No. 7 se presentan las medias ajustadas y agrupadas por tratamiento para descanso.



Donde: PLSS es igual a pastoreo libre sin suplemento, PLCS es pastoreo libre con suplemento, EDSS es pastoreo con encierre diurno sin suplementación y EDCS es pastoreo con encierre diurno y con suplementación. Diferente letra dentro del mismo horario difieren ( $P < 0,05$ ).

Figura No. 7. Porcentaje del tiempo dedicado a descanso en tres períodos del día para los distintos tratamientos

Chilibroste et al. (1997), Greenwood y Demment (1998), coinciden en la afirmación de que la restricción previa al pastoreo aumenta la proporción del tiempo dedicada a esta actividad. Chilibroste et al. (1997), sostienen que esto se logra a través de una disminución en el tiempo dedicado a rumia y descanso.

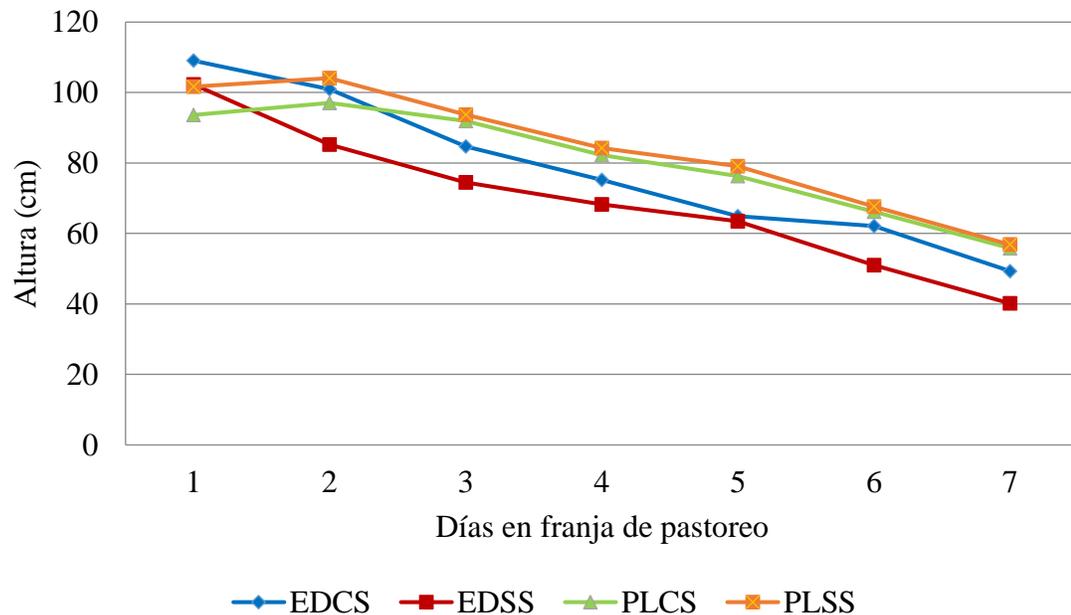
#### 4.4.3 Defoliación de la pastura

La proporción de forraje desaparecido acumulada durante las semanas de muestreo, fue afectada por el manejo del pastoreo, evidenciando un mayor consumo por efecto del manejo del pastoreo restringido (16,7 vs. 34,6 %,  $P = 0,0260$ ). También hubo diferencia entre semanas ( $P = 0,0035$ ) y de los días dentro de las semanas ( $P < 0,0001$ ), pero no se encontraron diferencias significativas debidas al efecto del suplemento ( $P = 0,3757$ ), ni a la interacción de este con el manejo del pastoreo ( $P = 0,7828$ ).

En cuanto al análisis de altura diaria de la pastura, no se encontraron diferencias significativas debidas al suplemento ( $P = 0,4581$ ) o a la interacción S. x MP ( $P = 0,1305$ ). Se observaron una tendencia en el efecto manejo del pastoreo ( $P = 0,0587$ ) con una altura

menor para tratamientos con restricción al pastoreo, y variando durante las semanas ( $P<0,0001$ ) y días dentro de semana ( $P<0,0001$ ).

En la figura No. 8 se presentan graficadas las tendencias de los distintos tratamientos para la altura promedio diaria de la pastura.



Donde: PLSS es igual a pastoreo libre sin suplemento, PLCS es pastoreo libre con suplemento, EDSS es pastoreo con encierro diurno sin suplementación y EDCS es pastoreo con encierro diurno y con suplementación. Valores promedio para el período experimental, expresado como altura diaria de la pastura.

Figura No. 8. Efecto de la suplementación, el manejo del pastoreo y de la sombra sobre el patrón diario de defoliación durante el tiempo de permanencia en una franja

#### 4.4.4 Indicadores de estrés térmico

La tasa respiratoria promedio aumentaron significativamente por efecto de la suplementación (51,7 vs. 67,9 rpm,  $P=0,0026$ ) y por el manejo del pastoreo (66,2 vs. 53,4 rpm,  $P=0,0061$ ); siendo menor cuando este fue con encierro, pero no con la interacción de ambos ( $P=0,6962$ ). Se analizaron también el horario (mañana y tarde), el cual tuvo un efecto significativo, siendo la tasa respiratoria mayor por la tarde; además, interaccionó de forma significativa con el manejo del pastoreo ( $P<0,0001$ ) y con suplementación ( $P<0,0001$ ), la interacción entre los tres (sombra x suplemento x horario) afectaron de forma significativa a esta variable ( $P=0,0449$ ).

En el cuadro No. 17 se presenta la tasa respiratoria y temperatura medida en la cabeza para la mañana (7:00 horas), tarde (16:00 horas) y promedio, también se muestran los resultados de las mediciones de score de jadeo agrupados en dos grupos, datos obtenidos en ocurrencia de “olas de calor” y datos sin ocurrencia de “olas de calor” para cada tratamiento.

Cuadro No. 17. Efecto de la suplementación y del manejo del pastoreo sobre la tasa respiratoria a la mañana, a la tarde y promedio, y las escalas score de jadeo con sus porcentajes correspondientes según el tratamiento

MP S.	Pastoreo libre		Encierro diurno	
	0 %	1 %	0 %	1 %
TR mañana	39,0 cd	49,6 cd	37,7 d	46,2 cd
TR tarde	78,2 b	97,9 a	52,0 c	77,8 b
TR promedio	<b>58,6 bc</b>	<b>73,8 a</b>	<b>44,9 c</b>	<b>62,0 ab</b>
Score de jadeo	Mediciones sin “ola de calor”*			
0	98,4	95,3	100	99,5
1-2	1,6	4,7	0	0,5
Score de jadeo	Mediciones con “ola de calor”			
0	66,7	60,0	84,2	67,9
1-2	23,8	15,4	15,8	29,2
3-4	9,6	24,6	0	2,9

Donde: MP es equivalente a manejo del pastoreo (en pastoreo libre los animales permanecen en la parcela todo el día; los con encierro diurno, los animales se encierran entre las 10:00 y las 16:00 horas en corral con sombra y agua), S. es suplemento, TR es tasa respiratoria (respiraciones/minuto) y EE es el error estándar. Diferente letra en la misma línea para promedio y conjuntos de datos (mañana y tarde) difieren ( $P < 0,05$ ). \*“ola de calor” es cuando se daban simultáneamente los siguientes criterios, tres días seguidos o más con un ITH  $> 74$  (Mader et al., 2004) y menos de 10 horas nocturnas para la recuperación de la normotermia (Valtorta et al., 2004).

Velazco y Rovira (2012b), de un trabajo realizado en el verano 2007, reportaron los promedios de respiraciones por minuto (10:00 a 18:00 horas), siendo 69 resp./minuto para el tratamiento sin sombra y 56 resp./minuto para el tratamiento con sombra restringida ( $P < 0,05$ ). En el verano del 2009 registraron un promedio (9:00 a 16:30 horas) de 74 resp./minuto para animales sin sombra y 67 resp./minuto con acceso a sombra restringida ( $P < 0,05$ ).

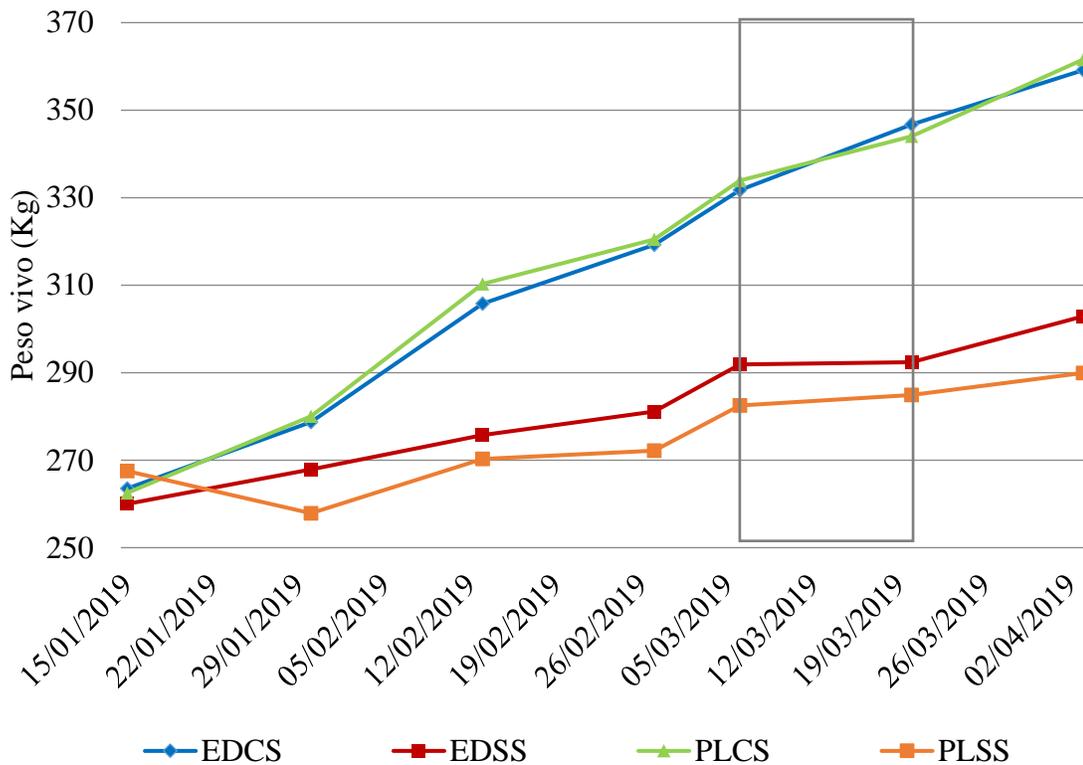
La tasa respiratoria reacciona de forma muy sensible al calor ambiental, muchas veces precede a la temperatura rectal y es fácil de determinar (Bianca, 1963). Con temperaturas ambiente de aproximadamente 15 °C, el ritmo respiratorio del ganado vacuno permanece estable en un nivel aproximado de 20 respiraciones por minuto (Bianca, 1963).

Rovira y Velazco (2012b) reportaron, para novillos en pastoreo expuestos al sol, medias para la tasa respiratoria de 48 resp./minuto en la mañana y 77 resp./minuto en la tarde ( $P < 0,05$ ).

Como se aprecia en el cuadro anterior, los tratamientos con pastoreo libre registraron mayor proporción en escalas más altas del score de jadeo, comparados con los tratamientos que tenían restricción con sombra.

#### 4.5 GANANCIA DE PESO VIVO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN DEL SUPLEMENTO

En la figura No. 9 se presentan las gráficas ajustadas de la evolución de pesos promedios durante el período experimental para cada uno de los tratamientos.



Donde: PLSS es igual a pastoreo libre sin suplemento, PLCS es pastoreo libre con suplemento, EDSS es pastoreo con encierre diurno sin suplementación y EDCS es pastoreo con encierre diurno y con suplementación. Dentro del área del rectángulo se encuentra el período que los animales estuvieron fuera del sorgo forrajero.

Figura No. 9. Evolución de peso vivo de novillos pastoreando sorgo forrajero

Las pendientes de las gráficas ajustadas son equivalentes a las ganancias medias diarias que fueron afectadas significativamente de forma positiva por la suplementación (0,478 vs. 1,32 kg,  $P=0,0005$ ), pero no se observaron efectos significativos del manejo del pastoreo ( $P=0,6804$ ), ni de la interacción entre ambos factores ( $P=0,2010$ ). En el cuadro No. 18 se presentan las medias de ganancia diaria del período experimental para cada tratamiento y efecto.

La suplementación con DDGS aumentaron significativamente la ganancia de peso vivo, siendo este efecto independiente del manejo del pastoreo y determinando que al final del verano los novillos suplementados fueran 21,6 % más pesados que los no suplementados (296 vs. 360 kg,  $P=0,0001$ ). La respuesta a la suplementación fue de 0,83 kg/día por encima de la ganancia de los novillos que no tuvieron acceso al DDGS, logrando de esta manera, una eficiencia de conversión de 3,82:1 (kg de MS de suplemento por kg de PV adicional ganado debido al suplemento). Esta respuesta a la suplementación fue independiente del manejo del pastoreo ( $P>0,10$ ).

Cuadro No. 18. Efecto de la suplementación y del manejo del pastoreo sobre la performance de novillos pastoreando sorgo forrajero

MP S.	Pastoreo libre		Encierro diurno		EE	Pr > F		
	0 %	1 %	0 %	1 %		MP	S.	MP×S.
Peso inicial (kg)	268	263	260	264	1,29	---	---	---
GMD (kg)	0,384	1,385	0,574	1,267	0,07	ns	**	ns
Peso final (kg)	290	362	303	359	3,36	ns	**	ns
Respuesta al S. (kg/a./día)	---	1,001	---	0,693	---	---	---	---
ECS	---	3,53:1	---	4,12:1	0,37	ns	---	---

Donde: MP es equivalente a manejo del pastoreo (en pastoreo libre los animales permanecen en la parcela todo el día; los con encierro diurno, los animales se encierran entre las 10:00 y las 16:00 horas en corral con sombra y agua), S. es suplemento, EE es el error estándar, GMD es ganancia media diaria de peso vivo en kg, ECS es eficiencia de conversión del suplemento kg MS suplemento/kg PV ganado.

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

La eficiencia de conversión no tuvo efecto del manejo del pastoreo ( $P=0,4708$ ,  $R^2=0,55$ ) y la ganancia media diaria tampoco fue afectada por la interacción del suplemento con el manejo del pastoreo ( $P=0,2010$ ,  $R^2=0,99$ ). Las eficiencias de conversión fueron de 3,53:1 y 4,12:1 (kg de suplemento por kg de ganancia de peso vivo) para pastoreo libre y restringido, respectivamente.

En la misma línea, Lagomarsino et al. (2017) encontraron las mejores eficiencias de conversión pastoreando sorgo forrajero BMR, con una dotación de 10

novillos/ha suplementados al 0,5 % del peso vivo, a favor de animales suplementados con afrechillo de arroz (EC=5,9) y grano de maíz (EC=5,8), respecto a aquellos que recibieron expeller de girasol (EC=8,6,  $P<0,01$ ).

De acuerdo con Beretta (2005), para asignaciones de forraje de 3, 6 y 9 % en verano para novillos de 280 kg de peso vivo sobre pasturas mezcla de gramíneas y leguminosas, obtuvieron una eficiencia de conversión de 6:1, 9:1 y 45:1 respectivamente, por lo que, en verano para obtener buena eficiencia de conversión del concentrado hay que trabajar a bajas asignaciones.

Si bien el único factor que afectó la performance animal fue la suplementación con DDGS al 1 % del PV, se observaron que fue mayor su impacto cuando los animales no accedieron a sombra, registrándose una diferencia de 1 kg en la ganancia media diaria, mientras que los tratamientos que sí lo hicieron, obtuvieron entre ellos una diferencia de 0,693 kg/a./d., haciéndose más oportuno el suministro del mismo cuando los animales no acceden a sombra.

En efecto, Rovira (2012c) en el trabajo realizado en el verano del 2000, encontró que los animales del tratamiento con sombra manifestaron una ganancia individual promedio 14 % mayor que los animales sin disponibilidad de sombra ( $P>0,05$ ).

También Velazco et al. (2012a) en el verano del 2007 lo evaluaron, y no encontraron un efecto significativo en el promedio de ganancia diaria por el acceso a sombra artificial, pero sí en el primer período de pastoreo (04/01-08/02,  $P<0,05$ ). Para el trabajo realizado el verano del 2009 encontraron que la ganancia diaria promedio de peso vivo (0,914 kg/a./día) no fue afectada por la disponibilidad de sombra ( $P>0,05$ ), pero si apreciaron un efecto en el primer período de pastoreo (09/01-09/02) para el tratamiento con sombrite (1,035 kg/a./día) en relación a sin sombra (0,692 kg/a./día,  $P<0,015$ , Velazco y Rovira, 2012b).

Por otro lado, las ganancias de pesos promedios presentaron niveles semejantes a los encontrados en algunos trabajos para el período estival y con verdeos similares: 0,451 kg/a./día pastoreando sudangrás (Rovira, 2002), 0,475 kg/a./día pastoreando sudangrás (Esquivel et al. 2006, Velazco et al. 2008), no tanto a los valores de 0,845 kg/a./día pastoreando sorgo forrajero BMR (Berlangeri, 2008), 0,906 kg/a./día pastoreando sorgo híbrido (Vaz Martins et al., 2003).

Para la misma base forrajera (sorgo forrajero BMR) y con animales de igual raza y edad, pero comparando la suplementación al 1 % del PV con expeller de girasol con no suplementados, también reportaron para dos años consecutivos un efecto significativo ( $P<0,05$ ) de la suplementación sobre la performance animal siendo de

0,740 kg/a./día para los testigos y 0,992 kg/a./día para los suplementados (Lagomarsino et al., 2017).

En base a los resultados obtenidos, la restricción en el tiempo de acceso a la pastura no mejoró la ganancia diaria ya que no se encontró diferencia significativa entre PL y ED (0,885 vs. 0,920 kg/a./día,  $P=0,6804$ ), a pesar de que el contenido de materia seca y la concentración de carbohidratos no estructurales solubles en el forraje varían a lo largo del día como consecuencia de la pérdida de humedad y un balance positivo de fotoasimilados, por lo tanto, el pastoreo durante la tarde podrían implicar un mayor consumo y mejor balance de nutrientes (Vaccaro et al., 2008).

#### 4.6 DISCUSIÓN GENERAL

Quedó en evidencia que el sorgo forrajero carece de la calidad que requieren novillos de sobreaño para lograr altas ganancias de peso, lo cual puede ser revertido mediante la suplementación con un subproducto energético-proteico de alta calidad como el DDGS. La suplementación contribuyó a un mayor consumo de nutrientes totales con mejor balance energético-proteico. Además, dicha suplementación redujo el tiempo de pastoreo, de rumia y la tasa de bocado, lo cual disminuye el gasto energético para mantenimiento, resultando en una mayor proporción de la energía consumida disponible para el crecimiento. Todo esto se ve reflejado en una buena ganancia de peso promedio que superaron los 1,3 kg/a./día y una excelente eficiencia de conversión, la cual fue de 3,82:1.

Para las condiciones ambientales que se dieron durante el período experimental, el uso de encierro con sombra entre las 10:00 y 16:00 horas no generaron una mejora en la performance animal, lo que coincide con los antecedentes para Uruguay y la región cuando la base forrajera es un verdeo de verano, y discrepa con los datos que marcan una mejora en la performance animal por el uso de sombra en animales que pastorean praderas perennes.

La no respuesta a la restricción del pastoreo con sombra en la ganancia media podrían deberse a un efecto año (promedio), donde el ITH para los meses de enero, febrero y marzo se ubicaron unos puntos por debajo del promedio para una serie de treinta años.

Se apreciaron que el uso de sombra mejora el confort y bienestar de los animales a través de una menor tasa respiratoria y menor intensidad de jadeo en comparación con los animales que no tenían acceso a sombra. El uso de globos negros determinaron que el ITH en la pastura fue en promedio mayor, comparado con el ITH bajo la sombra artificial (76,9 vs. 73,2 respectivamente). Se esperaba que dicha mejora en el ambiente y en el bienestar de los animales disminuyera el gasto de energía para mantenimiento en tal magnitud que en consecuencia aumentaría la cantidad de energía

disponible para ganancia de peso, lo cual no ocurrió o al menos no se tradujo en mayor crecimiento animal.

El encierro diurno tendieron a aumentar el consumo de forraje, los animales compensaron su menor tiempo de acceso a la pastura con una mayor proporción del tiempo dedicado al pastoreo mientras permanecían en ella, acentuándose más en la tardecita pero sin registrarse un aumento significativo en la tasa de bocado, lo que puede atribuirse a una buena disponibilidad de forraje y peso de bocado.

Lo mencionado en párrafos anteriores, sumado al posible aumento en consumo de carbohidratos no estructurales solubles (fotoasimilados) que obtuvieron los animales que fueron encerrados al aumentar el pastoreo en horas de la tarde, pudo haber explicado los 190 gramos de diferencia entre PLSS y EDSS a favor de este último, que si bien no mostraron diferencia significativa estadísticamente representa un aumento de casi el 50 % en la ganancia diaria por efecto del manejo, efecto que fue borrado por el DDGS en aquellos tratamientos suplementados donde la diferencia es menor al 10 % en la ganancia media diaria, siendo el mayor valor para los animales en pastoreo libre.

El uso de verdeo como el sorgo forrajero en el período estival, conlleva un desafío práctico importante, dada su alta tasa de crecimiento y una estructura de planta que dificulta estimar disponibilidad y complica el manejo con los animales. Los animales se adaptan relativamente rápido y sin mayores inconvenientes, acostumbrando y adaptando su comportamiento a una pastura más alta (60 a 100 cm) comparado con campo natural o praderas (5 a 30 cm).

Los resultados sugieren que la adopción de este tipo de manejo, de fácil implementación y bajo costo, podrían afectar de forma positiva el resultado físico y económico de un sistema ganadero como es el caso de la suplementación, mientras que la restricción del pastoreo con acceso a sombra cobra importancia cuando se cuestiona el bienestar animal o en años más extremos.

## 5. CONCLUSIONES

La suplementación energético-proteica mejora la ganancia diaria de los novillos, como consecuencia de una excelente eficiencia de conversión, siendo dicha respuesta independiente del manejo de pastoreo restringido con acceso a sombra.

Contrariamente a lo hipotetizado, el encierre diurno con acceso a sombra y agua durante el período estival en el horario de mayor radiación solar (10:00 a 16:00 horas) no mejorarían la ganancia de peso, ni la eficiencia de conversión en novillos que pastorean sorgo forrajero para las condiciones dadas.

Sin embargo, los animales con acceso a sombra registraron un menor nivel de estrés que los animales sin acceso a sombra, medido a través de una menor tasa respiratoria y una menor intensidad de jadeo.

El consumo de la fracción forraje expresado como porcentaje de PV se vio afectado significativamente por el manejo, siendo este mayor para los animales con pastoreo restringido; en cuanto al consumo total de materia seca, no se observaron diferencias entre los tratamientos.

## 6. RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la suplementación, del acceso a sombra y la interacción entre los mismos sobre la performance productiva de novillos de sobre año pastoreando sorgo forrajero a una asignación del 8 % del PV. El experimento fue llevado a cabo en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, Paysandú, Uruguay entre el 16/1/2019 y el 3/4/2019. Se utilizaron 48 novillos Hereford de aproximadamente 18 meses de edad con un peso vivo promedio al inicio de  $267,22 \pm 29,53$  kg, los cuales fueron asignados a 4 tratamientos al azar: pastoreo libre sin acceso a sombra, con y sin suplementación (1 % PV) y al encierro diurno con sombra entre las 10:00 y las 16:00 horas, con y sin suplementación (1 % PV). Los animales pastorearon sorgo forrajero del tipo BMR de forma rotativa en franjas semanales, el verdeo se utilizaron en dos pastoreos con una disponibilidad promedio de  $6498 \pm 431$  kg MS/ha y  $97,2 \pm 3,4$  cm de altura. La ganancia media de los tratamientos que pastorearon libremente fue de 1,385 kg/a./día para los suplementados y de 0,384 kg/a./día para los no suplementados, 1,267 kg/a./día y 0,574 kg/a./día fueron las ganancias para los que sí accedieron a la sombra con y sin suplementación, respectivamente; de esta forma se determinaron un efecto significativo de la suplementación sobre la performance de los animales (0,478 vs. 1,32 kg,  $P=0,0005$ ), el encierro diurno no afectaron significativamente la ganancia media diaria obtenida (0,884 vs. 0,920 kg,  $P=0,6804$ ) y tampoco lo logró la interacción de ambos efectos ( $P=0,2010$ ). La eficiencia de conversión promedio fue de 3,82:1 (3,53 vs. 4,12 EC para PL y ED respectivamente). La suplementación y el encierro diurno afectaron significativamente ( $P<0,10$ ) el consumo del forraje expresado como porcentaje del peso vivo, siendo este mayor en los animales no suplementados y en aquellos que se encontraron encerrados durante las horas de mayor radiación. La sombra mejoró el ITH promedio (67,9 vs. 73,2,  $P=0,0281$ ), redujo la tasa respiratoria promedio (66,2 vs. 53,4 rpm,  $P=0,0061$ ) y la intensidad de jadeo cuando se compara con los tratamientos sin acceso a sombra.

Palabras clave: Novillos; Sorgo forrajero; Suplementación; Sombra; Período estival.

## 7. SUMMARY

The objective of this work was to evaluate the effect of supplementation, access to shade and the interaction between them on the productive performance of yearling steers grazing forage sorghum at an allocation of 8 % of the PV. The experiment was carried out at the Mario A. Cassinoni Experimental Station, Paysandú, Uruguay between 1/16/2019 and 4/3/2019. 48 Hereford steers of approximately 18 months of age with an average live weight at the beginning of  $267,22 \pm 29,53$  kg were used, which were randomly assigned to 4 treatments: free grazing without access to shade, with and without supplementation (1 % PV) and to daytime confinement with shade between 10:00 and 16:00, with and without supplementation (1 % PV). The animals grazed forage sorghum of the BMR type on a rotational basis in weekly strips, the green was used in two grazing with an average availability of  $6498 \pm 431$  kg DM / ha and  $97,2 \pm 3,4$  cm in height. The mean gain of the treatments that grazed freely was 1,385 kg/a./day for the supplemented and 0,384 kg/a./day for the non-supplemented, 1,267 kg/a./day and 0,574 kg/a./day were the gains for those who did access the shade with and without supplementation respectively, in this way a significant effect of the supplementation on the performance of the animals was determined (0,478 vs. 1,32 kg,  $P=0,0005$ ), daytime confinement did not the mean daily gain obtained significantly affected (0,884 vs. 0,920 kg,  $P=0,6804$ ) and neither did the interaction of both effects ( $P=0,2010$ ). The average conversion efficiency was 3,82:1 (3,53 vs. 4,12 EC for PL and ED respectively). Supplementation and daytime enclosure significantly affected ( $P<0,10$ ) forage consumption expressed as a percentage of live weight, this being higher in non-supplemented animals and in those that were confined during the hours of greatest radiation. The shadow improved the average ITH (67,9 vs. 73,2,  $P=0,0281$ ), reduced the average respiratory rate (66,2 vs. 53,4 bpr,  $P=0,0061$ ) and the intensity of panting when it is compared to treatments without access to shade.

Keywords: Steers; Forage sorghum; Supplementation; Shadow; Summer period.

## 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. Anzolabehere, M.; Cortazzo, N. R. 2017. Utilización de granos secos de destilería obtenidos a partir de sorgo (DDGS) en raciones concentradas ofrecidas a terneros de destete precoz alimentados en confinamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 82 p.
3. AOAC (Association of Official Analytical Chemists, US). 1990. Official methods of analysis of AOAC International. Washington, D. C., USA. s.p.
4. \_\_\_\_\_. 2007. Official methods of analysis of AOAC International. Washington, D. C., USA. s.p.
5. Applegate, T. J.; Latour, M.; Ileleji, K. E.; Hoffstetter, U.; Rodríguez, I. 2008. Uso de coproductos de la industria del bioetanol en piensos. (en línea). In: Curso de Especialización FEDNA (24°. 2008, Madrid). Nuevas perspectivas en el uso de co\_productos de la industria del bioetanol en la fabricación de piensos. Madrid, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. pp. 3-18. Consultado 21 abr. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/16-bioetanol.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/16-bioetanol.pdf)
6. Araujo-Febres, O. 2005. Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales. In: Seminario de Pastos y Forrajes: manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal (9°. 2004, Maracaibo). Trabajos presentados. Zulia, Valenzuela, La Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. pp. 1-12.
7. Arias, R. A.; 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.
8. Armstrong, D. V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. Journal of Dairy Science. 77(7):2044-2050.

9. Baldi, F.; Fernández, J.; Gómez, F. 2001. Efecto de la suplementación energética y distintos niveles de asignación de forraje sobre la performance de novillos Hereford pastoreando praderas permanentes durante el verano. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 55 p.
  
10. Barhnhart, S.; Hartwig, N. 1993. Managing immature or frost damaged sudangrass and Sorghum crops. (en línea). Ames, Iowa State University Extension. s.p. Consultado 30 mar. 2020. Disponible en [http://courses.missouristate.edu/WestonWalker/AGA375\\_Forges/Forage%20Mgmt/Lesson%202/..%5C%5CReferences%5C%5C2Forages%5C%5C4Annual%5C%5C1Warm%5C%5CISURecovery27Manageimmature%5C%5Crostdamagesudangrasssorghumcrop.pdf](http://courses.missouristate.edu/WestonWalker/AGA375_Forges/Forage%20Mgmt/Lesson%202/..%5C%5CReferences%5C%5C2Forages%5C%5C4Annual%5C%5C1Warm%5C%5CISURecovery27Manageimmature%5C%5Crostdamagesudangrasssorghumcrop.pdf)
  
11. Bean, B.; McCollum, T.; Villarreal, B.; Blumenthal, J.; Robinson, J.; Brandon, R.; Buttrey, E.; VanMeter, R.; Pietsch, D. 2009. Texas Panhandle sweet sorghum silage trial. (en línea). Bushland, Texas A & M University System, AgriLife Research and Extension Center. 15 p. Consultado 27 mar. 2020. Disponible en <http://amarillo.tamu.edu/files/2010/11/Forage-Sorghum-2009-Variety-Report-Final.pdf>
  
12. Berbigier, P. 1988. Bioclimatologie des ruminants domestiques en zone tropicale. Paris, France, INRA. 237 p.
  
13. Beretta, V.; Simeone, A.; Elizalde, J. C.; Baldi, F. 2005. Pastoreo restringido y suplementación: dos alternativas para el manejo estival de novillos. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 13(4):161-190.
  
14. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; 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.
  
15. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Arduin, E.; Rebollo, C.; Purtscher, S. 2017. Evaluación del DDGS de sorgo para la suplementación estival en pastoreo de terneros destetados precozmente. Impacto sobre el costo de alimentación. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (19ª., 2017, Paysandú). Hablan los protagonistas, productores, industriales e invernadores. Paysandú, Uruguay, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 18-25.
  
16. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Castro, G.; Ferrés, M.; Legorburu, G.; Victorica, M. 2019a. DDGS, campo natural y comederos de autoconsumo: una alianza estratégica para mejorar la recría en ganado de carne. In: Jornada Anual

de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (21<sup>a</sup>, 2019, Paysandú). Un medio campo para ganar el partido de la rentabilidad. Paysandú, Uruguay, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 32-43.

17. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Bergos, I.; Errandonea, J.; Garcia Pintos, J.; Burjel, M. V.; Casanova, D., Zabalveytia, N. 2019b. Uso de DDGS y lupino en la recría de terneros pastoreando verdes de invierno ¿mejores o peores suplementos que el grano de sorgo? In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (21<sup>a</sup>, 2019, Paysandú). Un medio campo para ganar el partido de la rentabilidad. Paysandú, Uruguay, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 44-53.
18. 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.
19. Berman, A. 2005. Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. *Journal of Animal Science*. 83(6):1377-1384.
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. Campanela, I.; Lesca, A. 2011. Efecto de la suplementación proteica de terneros holando bajo pastoreo. Tesis Dr. en Ciencias Veterinarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Veterinaria. 67 p.
22. Carámbula, M. 2007. Verdes de verano. Montevideo, Hemisferio Sur. 226 p.
23. Casler, M. D.; Pedersen, J. F.; Undersander, D. J. 2003. Forage yield and economic losses associated with the brown-midrib trait in sudangrass. *Crop Science*. 43(3):782-789.
24. Castañeda, C. A.; Gaughan, J. B.; Sakaguchi, Y. 2004. Relationship between climatic conditions and the behaviour of feedlot cattle. *Animal Production in Australia*. 25:33-36.
25. 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.
26. Chilbroste, P.; Tamminga, S.; Boer, H. 1997. Effect of length of grazing session, rumen fill and starvation time before grazing on dry matter intake,

ingestive behavior and dry matter rumen pool sizes of grazing lactating dairy cows. *Grass and Forage Science*. 52(3):249-257.

27. \_\_\_\_\_.; Mattiauda, D.; Soca, P. 2005. ¿Genera el ayuno, señales que modifiquen el comportamiento ingestivo y la performance productiva en vacunos? In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (33<sup>as</sup>., 2005, Paysandú). Memorias. Paysandú, CMVP. pp. 111-120.
28. \_\_\_\_\_.; Soca, P.; Mattiauda, D.; Bentancur, O.; Robinson, P. H. 2007. Short term fasting as a tool to design effective grazing strategies for lactating dairy cattle: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 47(9):1075-1084.
29. Church, D. C. 1989. Fuentes suplementarias de proteínas. In: Church, D. C. ed. Alimentos y alimentación de ganado. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 197-212.
30. Coates, D. B.; Penning, P. 2000. Measuring animal performance. In: t'Mannetje, L.; Jones, R. M. eds. Field and laboratory methods for grassland and animal production research. Wallingford, UK, CAB International. pp. 353-402.
31. Contreras-Govea, F.; Marsalis, M.; Lauriault, L.; Bean, B. 2010. Forage Sorghum Nutritive Value: a Review. (en línea). *Forage and Grazinglands*. 8(1):s.p. Consultado 23 nov. 2020. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/240595691\\_Forage\\_Sorghum\\_Nutritive\\_Value\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/240595691_Forage_Sorghum_Nutritive_Value_A_Review)
32. 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 de Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 159 p.
33. Cóser, A. C.; Cruz Filho, A. B.; Martins, C. E.; Carvalho, L. A.; Alvim, M. J.; Freitas, V. P. 1997. Desempenho animal em pastagem de capim-gordura e braquiária. *Pasturas Tropicales*. 19(3):14-19.
34. 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.

35. \_\_\_\_\_.; Urioste, J. I. 2009. Variabilidad temporal y espacial del Índice de Temperatura y Humedad (ITH) en zonas de producción lechera de Uruguay. *Agrociencia (Uruguay)*. 13(2):37-46.
36. Del Curto, T.; Hess, B.; Huston, J.; Olson, K. 2000. Optimum supplementation strategies for beef cattle consuming low-quality roughages in the western United States. (en línea). *Journal of Animal Science* 77:2-6. Consultado 19 abr. 2020. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/228647482\\_Optimum\\_supplementation\\_strategies\\_for\\_beef\\_cattle\\_consuming\\_low-quality\\_roughages\\_in\\_the\\_western\\_United\\_States](https://www.researchgate.net/publication/228647482_Optimum_supplementation_strategies_for_beef_cattle_consuming_low-quality_roughages_in_the_western_United_States)
37. Della-Fera, M. A.; Baile, C. A. 1984. Control of feed intake in sheep. *Journal of Animal Science*. 59(5):1362-1368.
38. Dias, D. L. S.; Silva, R. R.; Silva, F. F.; Carvalho, G. G. P.; Brandão, R. K. C.; Souza, S. O.; Guimarães, J. O.; Pereira, M. M. S.; Costa, L. S. 2014. Correlação entre digestibilidade dos nutrientes e o comportamento ingestivo de novilhos em pastejo. (en línea). *Revista Archivos de Zootecnia*. 63(244):645-656. Consultado abr. 2019. Disponible en <http://scielo.isciii.es/pdf/azoo/v63n244/art8.pdf>
39. Di Marco, O. 2011. Estimación de calidad de los forrajes. *Revista Producir XXI*. 20(240):24-30.
40. Echeverría, J.; Rovira, P.; Montossi, P. 2014. Manejo de la alimentación invernal de la cría bovina sobre campo natural. *Revista INIA*. no. 37:14-17.
41. Eigenberg, R. A.; Brown-Brandl, T. M.; Nienaber, J. A.; Hahn, G. L. 2005. Dynamic Response Indicators of Heat Stress in Shaded and Non-shaded Feedlot Cattle, Part 2: predictive Relationships. *Biosystems Engineering*. 91(1):111-118.
42. Elizalde, J. C. 2003. Suplementación en condiciones de pastoreo. (en línea). *In: Jornada de Actualización Ganadera: actualización Ganadera (1ª., 2003, Balcarce)*. Trabajos presentados. Buenos Aires, Sitio Argentino de Producción Animal. pp. 1-9. Consultado 20 abr. 2020. Disponible en [http://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/suplementacion/13suplementacion\\_en\\_condiciones\\_de\\_pastoreo.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/13suplementacion_en_condiciones_de_pastoreo.pdf)
43. \_\_\_\_\_.; Riffel, S. L. 2012. Un nuevo alimento para un nuevo engorde: el uso de subproductos de destilería. *In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (14ª., 2012, Paysandú)*. Una nueva cría...

un nuevo engorde... una nueva ganadería. Paysandú, Uruguay, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 52-65.

44. Erickson, G. E.; Bremer, V. R.; Klopfenstein, T. J.; Stalker, A.; Rasby, R. J. 2007. Utilization of corn co-products in the beef industry. (en línea). 2<sup>nd</sup>. ed. Lincoln, University of Nebraska. 28 p. Consultado 22 nov. 2020. Disponible en [https://www.agmrc.org/media/cms/07CORN048\\_BeefCoProducts\\_6BF0FDA9EC0E3.pdf](https://www.agmrc.org/media/cms/07CORN048_BeefCoProducts_6BF0FDA9EC0E3.pdf)
45. Esquivel, J.; Velazco, J.; Rovira, P. 2006. Efecto del acceso a sombra artificial en la ganancia de peso, estrés y conducta de novillos pastoreando sudangrás durante el verano. In: Jornada Anual Unidad Experimental Palo a Pique (2006, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 22-36 (Actividades de Difusión no. 511).
46. Fassio, A.; Cazzolino, D.; Ibáñez, W.; Fernández, E. 2002. Sorgo: destino forrajero. Montevideo, INIA. 30 p. (Serie Técnica no. 127).
47. FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, ES). 2010. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. 3<sup>a</sup>. ed. Madrid. 502 p.
48. Fjell, D.; Blasi, D.; Towne, G. 1991. Forage toxicity. In: Conference Departments of Agronomy & Animal Sciences (1991, Manhattan). Nitrate and Prussic Acid Toxicity in Forage. Manhattan, Kansas State University. p. irr.
49. Gadberry, M. S.; Beck, P. A.; Morgan, M.; Hubbell, D.; Butterbaugh, J.; Rudolph, B. 2010. Effect of dried distillers grains supplementation on calves grazing bermudagrass pasture or fed low-quality hay. *The Professional Animal Scientist*. 26(4):347-355.
50. Gallardo, M. 2008. Concentrados y subproductos para la alimentación de rumiantes. (en línea). In: Curso Internacional de Lechería para Profesionales de América Latina (21<sup>o</sup>., 2008. Santa Fe). Trabajos presentados. Santa Fe, Argentina, INTA Rafaela. pp. 153-162. Consultado 23 jun. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/47-Material.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/47-Material.pdf)
51. Gallarino, H. 2008. Manejo de sorgos forrajeros, su aprovechamiento. *Marca Líquida Agropecuaria*. 18(180):52-54.

52. Gaughan, J. B.; Tait, L. A.; Eigenberg, R.; Bryden, W. L. 2004. Effect of shade on respiration rate and rectal temperature of Angus heifers. *Animal Production in Australia*. 25(1):69-72.
53. Goering, H. K.; Van Soest, P. J. 1970. Forage fiber analysis (Apparatus, reagents procedures and some applications). USDA. Agriculture Handbook no. 379. 24 p.
54. Gomes Da Silva, G.; Morais, D. A.; Guilhermino, M. M. 2007. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36(4):1191-1198.
55. Gorz, H. J.; Haag, W. L.; Specht, J. E.; Haskins, F. A. 1977. Assay of p-Hydroxybenzaldehyde as a measure of hydrocyanic acid potential. *Crop Science*. 17(4):578-582.
56. Greenquist, M. A.; Klopfenstein, T. J.; Schacht, W. H.; Erickson, G. E.; Vander Pol, K. J.; Luebbe, M. K.; Brink, K. R.; Schwarz, A. K.; Baleseng, L. B. 2009. Effects of nitrogen fertilization and dried distillers grains supplementation: forage use and performance of yearling steers. *Journal of Animal Science*. 87(11):3639-3646.
57. Greenwood, G. B.; Demment, M. W. 1998. The effect of fasting on shortterm cattle grazing behaviour. *Grass and Forage Science*. 43(4):377-386.
58. 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.
59. Griffin, W. A.; Bremer, V. R.; Klopfenstein, T. J.; Stalker, L. A.; Lomas, L. W.; Moyer, J. L.; Erickson, G. E. 2012. A meta-analysis evaluation of supplementing dried distillers grains plus solubles to cattle consuming forage-based diets. *The Professional Animal Scientist*. 28(3):306-312.
60. Guillenea, A.; Ordeix, S. 2014. Respuestas fisiológicas y de comportamiento de vaquillonas cruza Bonsmara-Hereford y Hereford puras en pastoreo de campo natural en verano. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 35 p.
61. Gustad, K. H.; Klopfenstein, T. J.; Erickson, G. E.; Vander Pol, K. J.; Mac Donald, J. C.; Greenquist, M. A. 2006. Dried distillers grains supplementation of calves grazing corn residue. (en línea). Lincoln,

University of Nebraska. Nebraska Beef Report. no. 114:36-37.  
Consultado 22 nov. 2020. Disponible en  
<https://core.ac.uk/download/pdf/188122859.pdf>

62. Hahn, G. L.; Eigenberg, R. A.; Nienaber, J. A.; Littledike, E. T. 1990. Measuring physiological responses of animals to environmental stressors using a microcomputer based portable dataloger. *Journal of Animal Science*. 68(9):2658-2665.
63. \_\_\_\_\_. 1999. Dynamic Responses of Cattle to Thermal Heat Loads. *Journal of Animal Science*. 77(2):10-20.
64. Halkier, B. A.; Moller, B. L. 1989. Biosynthesis of the cyanogenic glucoside dhurrin in seedlings of *Sorghum bicolor* (L.) Moench and partial purification of the enzyme system involved. *Plant Physiology*. 90(4):1552-1559.
65. Ham, G. A.; Stock, R. A.; Klopfenstein, T. J.; Larson, E. M.; Shain, D. H.; Huffman, R. P. 1994. Wet corn distillers byproducts compared with dried corn distillers grains with soluble as a source of protein and energy for ruminants. *Journal of Animal Science*. 72(12):3246-3257.
66. Haydock, K. P.; Shaw, N. H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 15:663-670.
67. Hippen, A.; García, A. 2009. La variabilidad de los granos de destilería en la producción lechera. (en línea). *Journal Albéitar*. no. 130:4-8. Consultado 21 abr. 2020. Disponible en <https://www.portalveterinaria.com/pdfjs/web/viewer.php?file=%2Fupload%2Ffriviste%2Falbeitar130.pdf>
68. INASE; INIA (Instituto Nacional de Semillas, UY; Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2014. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de sorgo forrajero: período 2013. (en línea). Montevideo. 25 p. Consultado 27 mar. 2020. Disponible en [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_CV/Ano2013/PubSorgoForrajero2013.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_CV/Ano2013/PubSorgoForrajero2013.pdf)
69. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2019. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de sorgo forrajero: período 2018. (en línea). Montevideo. 21 p. Consultado 27 mar. 2020. Disponible en

[http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_CV/Ano2018/Pu  
bSorgoForrajeroPeríodo2018.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_CV/Ano2018/Pu<br/>bSorgoForrajeroPeríodo2018.pdf)

70. Islas, A.; Soto-Navarro, S. 2011. Effect of supplementation of dried distillers grains with solubles on forage intake and characteristics of digestion of beef heifers grazing small-grain pasture. *Journal of Animal Science*. 89(4):1229-1237.
71. Ittner, N. R.; Kelly, C. F. 1951. Cattle shades. *Journal of Animal Science*. 10(1):184-194.
72. Jenkins, K. H.; Mac Donald, J. C.; Mc Collum, F. T.; Amosson, S. H. 2009. Effects of Level of Dried Distillers Grain Supplementation on Native Pasture and Subsequent Effects on Wheat Pasture Gains. *The Professional Animal Scientist*. 25(5):596-604.
73. Kalscheur, K.; García, A. 2013. Co\_productos del etanol para las dietas del ganado. (en línea). Ergomix.com. s.p. Consultado 21 abr. 2020. Disponible en <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/productos-etanol-dietas-ganado-t30463.htm>
74. Klopfenstein, T. J.; Ericson, G. E.; Bremer, V. R. 2007. Board-Invited Review: use of distillers byproducts in the beef cattle feeding industry. *Journal of Animal Science*. 86(5):1223-1231.
75. Koster, H.; Cochran, R.; Titgemeyer, E.; Vanzant, E.; Abdelgadir, I.; St-Jean, G. 1996. Effect of increasing degradable intake protein on intake and digestion of low-quality, tallgrassprairie forage by beef cows. *Journal of Animal Science*. 74(10):2473-2481.
76. Kunkle, W.; Bates, D. 1998. Evaluating feed purchasing options: energy, protein, and mineral supplements. (en línea). In: Annual Florida Beef Cattle Short Course (47<sup>th</sup>., 1998, Gainesville). Proceedings. Gainesville, University of Florida. pp. 59-69. Consultado 19 abr. 2020. Disponible en [https://animal.ifas.ufl.edu/beef\\_extension/bcsc/1998/pdf/kunkle.pdf](https://animal.ifas.ufl.edu/beef_extension/bcsc/1998/pdf/kunkle.pdf)
77. Lagomarsino, X.; Montossi, F. 2014. Engorde estival de novillos en pastoreo sobre sorgos forrajeros con suplementación proteica. *Revista INIA*. no. 39:17-22.
78. \_\_\_\_\_; Cazzuli, F.; Luzardo, S.; Montossi, F. 2017. Resultados experimentales. In: Montossi, F.; Cazzuli, F.; Lagomarsino, X. eds.

Sistemas de engorde de novillos sobre verdeos anuales estivales en la región de basalto. Montevideo, INIA. pp. 25-82 (Serie Técnica no. 230).

79. Lefcourt, A. M.; Adams, W. R. 1996. Radiotelemetry measurement of body temperatures of feedlot steers during summer. *Journal of Animal Science*. 74(11):2633-2640.
80. Legates, J. E.; Farthing, B. R.; Casady, R. B.; Barrada, M. S. 1991. Body temperatura and respiratory rate of lactating dairy cattle under field and chamber conditions. *Journal Dairy Science*. 74(8):2491-2500.
81. Lemaire, G.; Van Oosterom, E.; Sheehy, J.; Jeuffroy, M. H.; Massignam, A.; Rossato, L. 2007. Is crop N demand more closely related to dry matter accumulation or leaf area expansion during vegetative growth? *Field Crops Research*. 100(1):91-106.
82. Lemerle, C.; Goddard, M. E. 1986. Assessment of heat stress in dairy cattle in Papua New Guinea. *Tropical Animal Health Production*. 18:232-242.
83. Leng, R.; Jessop, N.; Kanjanapruthipong, J. 1993. Control of feed intake and the efficiency of utilisation of feed by ruminants. *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia*. 12:70-88.
84. Loy, T. W.; Klopfenstein T. J.; Erickson, G. E.; Macken, C. N.; MacDonald, J. C. 2008. Effect of supplemental energy source and frequency on growing calf performance. *Journal of Animal Science*. 86(12):3504-3510.
85. Loyd, R. C.; Gray, E. 1970. Amount and distribution of HCN potential during the life cycle of plants of three Sorghum cultivars. *Agronomy Journal*. 62(3):394-397.
86. Mc Collum, F.; Galyean, M. 1985. Influence of cottonseed meal supplementation on voluntary intake, rumen fermentation and rate of passage of prairie hay in beef steers. *Journal of Animal Science*. 60(2):570-577.
87. Mc Collum, T. 1997. Supplementation strategies for beef cattle. (en línea). Texas, Texas A&M University System. Texas Agricultural Extension Service. 8 p. Consultado 19 abr. 2020. Disponible en <http://agriflife.org/amarillo/files/2015/10/Supplementation-Strategies-B6067.pdf>
88. Mc Cuiston, K.; Mc Collum, F.; Greene, L.; Bean, B.; Van Meter, R.; Vasconcelos, J.; Silva, J. 2005. Performance of steers grazing

photoperiodsensitive and brown midrib varieties of sorghum-sudangrass. Forage Sorghum field day. Amarillo, Texas Agricultural Research and Extension Centre. pp. 14-16.

89. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Mac Donald, J.; Beant, B. 2011. Performance of stocker cattle grazing two sorghum-sudangrass hybrids under various stocking rates. *The Professional Animal Scientist*. 27(2):92-100.
90. Mc Daniel, A. H.; Roark, C. B. 1956. Performance and grazing habits of Hereford and Aberdeen-Angus cows and calves on improved pastures as related to types of shade. *Journal of Animal Science*. 15(1):59-63.
91. Mac Donald, J. C.; Klopfenstein, T. J.; Erickson, G. E.; Griffin, W. A. 2007. Effects of dried distillers grains and equivalent undegradable intake protein or ether extract on performance and forage intake of heifers grazing smooth bromegrass pastures. *Journal of Animal Science*. 85(10):2614-2624.
92. Macoon, B.; Sollenberger, L.; Moore, J. E. 2002. Defoliation effects on persistence and productivity of four *Pennisetum* spp. genotypes. *Agronomy Journal*. 94(3):541-548.
93. Mader, T. L.; 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.
94. \_\_\_\_\_.; Davies, M. S.; Gaughan, J.; Brown-Brandl, T. 2004. Wind speed and solar radiation adjustments for the temperature-humidity index. In: Conference on Biometeorology and Aerobiology (16<sup>th</sup>., 2004, Vancouver). Proceedings. Concord, Nebraska. University of Nebraska. Agricultural Research Service. U.S. Department of Agriculture. s.p.
95. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Brown-Brandl, T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 84(3):712-719.
96. Martínez-Pérez, M. F.; Calderón-Mendoza, D.; Islas, A.; Encinias, A. M.; Loya-Olguín, F.; Soto-Navarro, S. A. 2013. Effect of corn dry distiller grains plus solubles supplementation level on performance and digestion characteristics of steers grazing native range during forage growing season. *Journal of Animal Science*. 91(3):1350-1361.

97. Mattiauda, D. A.; Tamminga S.; Gibb, M. J.; Soca, P.; Bentancur, O.; Chilbroste, P. 2013. Restricting access time at pasture and time of grazing allocation for Holstein dairy cows: ingestive behaviour, dry matter intake and milk production. *Livestock Science*. 152(1):53-62.
98. MDN. DNM (Ministerio de Defensa Nacional. Dirección Nacional de Meteorología, UY). 1996. Normales climatológicas 1961-1990. Montevideo. 20 p.
99. Meat and Livestock Australia, AU. 2004. Feedlot shade structures. (en línea). In: Des Rinehart, C. D. ed. *Tips & Tools*. Sydney, Animal Health and Welfare. pp. 22-26. Consultado 15 may. 2020. Disponible en <https://futurebeef.com.au/wp-content/uploads/Heat-load-in-feedlot-cattle.pdf>
100. MAP. DIRENARE (Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección General de Recursos Naturales, UY). 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. (en línea). Montevideo. Esc. 1:1000000. Consultado 10 mar. 2019. Disponible en [http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/multimedia/1619\\_carta\\_de\\_reconocimiento\\_de\\_suelos\\_del\\_uruguay\\_1.1.000.000\\_imprimir\\_a0\\_0.pdf](http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/multimedia/1619_carta_de_reconocimiento_de_suelos_del_uruguay_1.1.000.000_imprimir_a0_0.pdf)
101. Mieres, J. M.; Assandri, L.; Cúneo, M. 2004. Tablas de valor nutritivo de alimentos. In: Mieres, J. M. ed. *Guía para la alimentación de rumiantes*. Montevideo, INIA. pp. 13-68 (Serie Técnica no. 142).
102. Miller, F. R.; Stroup, J. A. 2003. Brown midrib sweet sorghum, sudangrass, and corn: what is the potential? (en línea). In: *Symposium the Alfalfa and Forages (33<sup>rd</sup>, 2003, Monterey)*. Proceedings. Monterey Bay, California State University. s.p. Consultado 27 mar. 2020. Disponible en <https://alfalfa.ucdavis.edu/+symposium/proceedings/2003/03-143.pdf>
103. Miron, J.; Zuckerman, E.; Adin, G.; Solomon, R.; Shoshani, E.; Nikbachat, M.; Yosef, Zenou, A.; Weinberg, Z. G.; Chen, Y.; Halachmi, I.; Ben-Ghedalia, D. 2007. Comparison of two sweet sorghum varieties with corn and the effect of feeding their silages on eating behavior and lactation performance of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*. 139(1):23-39.
104. Mitlöhner, F. M. 2000. Behavioral and environmental management of feedlot cattle. Thesis PhD. Texas, USA. Texas Tech University. Department of Animal Science. 163 p.

105. \_\_\_\_\_.; Morrow, J. L.; Dailey, J. W.; Wilson, S. C.; Galyean, M. L.; Miller, M. F.; Mc Glone, 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.
106. Moliterno, E. 1997. Principios y usos de un método de doble muestreo. Estimación visual de la disponibilidad de forraje en pasturas. *Cangüé*. no. 9:32-36.
107. NRC (National Research Council, US). 1996. Nutrient requirements of beef cattle. 6<sup>th</sup>. ed. Washington, D. C., National Academy Press. 494 p.
108. Orcasberro, R. 1991. Suplementación y performance de ovinos y vacunos alimentados con forraje. *In*: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. pp. 225-238 (Serie Técnica no. 13).
109. Pancini, S.; Beretta, V.; Simeone, A. 2017. Uso de granos de destilería de sorgo en la recría de terneros: resultados productivos en el sistema ADT. *In*: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (19<sup>a</sup>., 2017, Paysandú). Hablan los protagonistas, productores, industriales e invernadores. Paysandú, Uruguay, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 48-54.
110. Patterson, D. M.; Mc Gilloway, D. A.; Cushnahan, A.; Mayne, C. S.; Laidlaww, A. S. 1998. Effect of duration of fasting period on shortterm intake rates of lactating dairy cows. *Journal Animal Science*. 66(2):299-305.
111. Peruchena, C. 2003. Suplementación de bovinos en sistemas pastoriles. (en línea). Mercedes, Corrientes, INTA. 10 p. Consultado 19 abr. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/suplementacion/107-en\\_sistemas\\_pastoriles.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/107-en_sistemas_pastoriles.pdf)
112. Pigurina, G. 1991. Suplementación dentro de una estrategia de manejo en áreas de ganadería extensiva. *In*: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. pp. 195-197 (Serie Técnica no. 13).
113. Pordomingo, A. 2003. Suplementación con granos a bovinos en pastoreo. (en línea). Anguil, La Pampa, Sitio de Producción Animal. 4 p. Consultado 19 abr. 2020. Disponible en <http://www.produccion->

[animal.com.ar/informacion\\_tecnica/suplementacion/67-suplementacion\\_con\\_granos\\_en\\_pastoreo.pdf](http://animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/67-suplementacion_con_granos_en_pastoreo.pdf)

114. Reid, R. L.; Clark, B.; Jung, G. E. 1964. Studies with sudangrass II: nutritive evaluation by In-vivo and in-vitro methods. *Agronomy Journal*. 56(6):537-542.
115. Rovira, P. 2002. Efecto de la sombra artificial en el engorde de novillos durante los meses de verano. *In: Jornada Anual de Producción Animal (2002, Treinta y Tres). Resultados experimentales*. Montevideo, INIA. pp. 79-95 (Actividades de Difusión no. 294).
116. \_\_\_\_\_.; Velazco, J. 2007. Sombra: buena para el ganado, mejor para el productor. (en línea). *Revista INIA*. no. 13:32-33. Consultado 14 may. 2020. Disponible en [http://www.inia.org.uy/online/files/contenidos/link\\_30122010103208.pdf](http://www.inia.org.uy/online/files/contenidos/link_30122010103208.pdf)
117. \_\_\_\_\_.; Do Carmo, M. 2012a. Clima y estrés calórico: evolución de las principales variables climáticas relacionadas al estrés calórico en la serie histórica 1973-2010. *In: Rovira, P. ed. Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles de la región Este del Uruguay*. Montevideo, INIA. pp. 13-17 (Serie Técnica no. 202).
118. \_\_\_\_\_.; Velazco, J. 2012b. Cuantificación de variables climáticas y de repuesta animal asociadas al estrés calórico durante el verano. *In: Rovira, P. ed. Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles de la región este del Uruguay*. Montevideo, INIA. pp. 25-30 (Serie Técnica no. 202).
119. \_\_\_\_\_. 2012c. 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).
120. \_\_\_\_\_.; Echeverría, J. 2013. Desempeño productivo de novillos pastoreando sudangrás o sorgo forrajero nervadura marrón (BMR) durante el verano. *Revista Veterinaria*. 24(2):91-96.
121. Saravia, C. 2009. Efecto del estrés calórico sobre las respuestas fisiológicas y productivas de vacas Holando y Jersey. Tesis MSc. en Ciencias Agrarias opción Ciencia Animal. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 134 p.

122. Sawchik, J. 2012. Necesidades de riego en cultivos y pasturas. In: Seminario Internacional de Riego en Cultivos y Pasturas (2º., 2012, Salto). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 57-68.
123. Schütz, K. E.; Rogers, A. R.; Cox, N. R.; Tucker, C. B. 2009. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: shade use, behaviour, and body temperature. *Applied Animal Behaviour Science*. 116(1):28-34.
124. Schwarz, A.; Godsey, C.; Luebbe, M.; Erickson, G.; Klopfenstein, T.; Mitchell, R.; Pedersen, J. 2008. Forage Quality and Grazing Performance of Beef Cattle Grazing Brown Mid-rib Grain Sorghum Residue. (en línea). University of Nebraska. Nebraska Beef Cattle Reports. Paper no. 13. pp. 35-36. Consultado 30 mar. 2020. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/265104774\\_Forage\\_Quality\\_and\\_Grazing\\_Performance\\_of\\_Beef\\_Cattle\\_Grazing\\_Brown\\_Mid-rib\\_Grain\\_Sorghum\\_Residue](https://www.researchgate.net/publication/265104774_Forage_Quality_and_Grazing_Performance_of_Beef_Cattle_Grazing_Brown_Mid-rib_Grain_Sorghum_Residue)
125. Shrode, R. R.; Quazi, F. R.; Rupel, I. W.; Leighton, R. E. 1960. Variation in rectal temperature, respiration rate, and pulse rate of cattle as related to variation in four environmental variables. *Journal of Dairy Science*. 43(9):1235-1244.
126. Silanikove, N. 2000. Effect of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*. 67(1-2):1-18.
127. Silungwe, D. 2011. Evaluation of forage yield and quality of sorghum, sudangrass and pearl millet cultivars in Manawatu. Thesis MSc. Agricultural Sciences. Massey, New Zealand. Massey University. Agronomy Faculty. 140 p.
128. Simeone, A. 2000. Producción intensiva de carne (II). *Revista FUCREA*. 205:16-19.
129. \_\_\_\_\_; Beretta, V.; Caorsi, C. J. 2010a. Efecto de la sombra natural sobre la performance estival de vaquillonas pastoreando campo natural de áreas forestadas. *Agrociencia (Uruguay)*. 14(3):137-137.
130. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; Elizalde, J.; Franco, J. 2010b. Evaluación de diferentes fuentes de nitrógeno no proteico en sustitución de la proteína verdadera en dietas de feedlot con alta proporción de grano para terneros y novillos. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (12ª., 2010, Paysandú). Ganadería a pasto, feedlot e Industria frigorífica: ¿es

posible una integración de tipo “ganar-ganar” en la cadena de la carne? Paysandú, Uruguay, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 34-45.

131. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Cortazzo, D.; Viera, G. 2010c. La problemática del verano en la recría y engorde de ganado de carne en condiciones de pastoreo y de corral. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (12<sup>a.</sup>, 2010, Paysandú). Ganadería a pasto, feedlot e Industria frigorífica: ¿es posible una integración de tipo “ganar-ganar” en la cadena de la carne? Paysandú, Uruguay, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 56-63.
132. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Caorsi, J. 2011. Cuantificando la importancia de la sombra en un corral de terneros destetados precozmente. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (13<sup>a.</sup>, 2011, Paysandú). Alimentación a corral en sistemas ganaderos: ¿cuándo y cómo? Paysandú, Uruguay, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 14-20.
133. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Franco, J.; Pancini, S.; Caorsi, C. J.; Novac, M.; Panizza, V.; Rodríguez, V. 2018. Uso del DDGS de sorgo en raciones de engorde a corral, con “suministro restringido” como estrategia de manejo del comedero. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (20<sup>a.</sup>, 2018, Paysandú). 20 años de investigación para una ganadería más rentable. Paysandú, Uruguay, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 44-52.
134. Soares de Lima, J.; Montossi, F. 2010. Años muy buenos, años muy malos: el rol de la suplementación en sistemas ganaderos extensivos en un contexto de alta variabilidad climática y de producción forrajera. *Revista INIA*. no. 22:16-20.
135. Soto, C.; Reinoso, V. 2007. Suplementación proteica en ganado de carne. *Revista Sociedad de Medicina Veterinaria del Uruguay*. 42(167):27-34.
136. Spiehs, M. J.; Whitney, M. H.; Shurson, G. C. 2002. Nutrient database for distiller’s dried grain with soluble produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *Journal of Animal Science*. 80(10):2639-2645.
137. Sprinkle, J. 2000. Protein supplementation. (en línea). Tucson, The University of Arizona. Cooperative Extension. 7 p. Consultado 19 abr. 2020. Disponible en

<https://repository.arizona.edu/bitstream/handle/10150/144723/az1186-2000.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

138. St-Pierre, N.; Cobanov, R. B.; Schnitkey, G. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *Journal of Dairy Science*. 86(1):E52-E77.
139. Stein, H. H. 2008. La alimentación del ganado porcino con DDGS. (en línea). *Albéitar*. no. 120:10-14. Consultado 21 abr. 2020. Disponible en <http://albeitar.grupoasis.com/bibliografias/120.pdf>
140. Stock, R. A.; Lewis, J. M.; Klopfenstein, T. J.; Milton, C. T. 2000. Review of new information on the use of wet and dry milling feed by-products in feedlot diets. *Proceedings of the American Society of Animal Science*. 77:1-12.
141. Taylor, A. O.; Rowley, J. A.; Esson, M. J.; Eastin, J. D.; Wallace, R. 1974. Sorghums for conserved feed in Northland. *Proceedings of the Agronomy Society of New Zealand*. 4:74-78.
142. Thorn, E. C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise*. 12(2):57-59.
143. Tible, S. J.; Cook, D. R.; Balfagon, A.; Kempen, D. 2007. Novedades en alimentación de lechones. (en línea). *In*: Curso de Especialización FEDNA (23º., 2007, Madrid). Trabajos presentados. Madrid, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. pp. 213-227. Consultado 21 abr. 2020. Disponible en [http://fundacionfedna.org/sites/default/files/07CAP\\_X.pdf](http://fundacionfedna.org/sites/default/files/07CAP_X.pdf)
144. Turner, L. W. 2000. Shade options for grazing cattle. (en línea). University of Kentucky. College of Agriculture. Agricultural Engineering Update AEU-91. s.p. Consultado 15 may. 2020. Disponible en [https://www.uky.edu/bae/sites/www.uky.edu/bae/files/aeu-91\\_0.pdf](https://www.uky.edu/bae/sites/www.uky.edu/bae/files/aeu-91_0.pdf)
145. Vaccaro, M. E.; Luparia, F.; Cangiano, C.; Garciarena, A. D.; Gagliostro, G. A. 2008. Efecto del horario de ingreso al pastoreo sobre la producción y composición de leche en vacas en lactancia media. *Producción Animal*. 28(1):111-112.
146. Valtorta, S. C.; Gallardo, M. R.; Leva, P. E. 2004. Olas de calor: impacto sobre la producción lechera en la cuenca central Argentina. *In*: Reunión de la Asociación Argentina de Agrometeorología (10ª.), Reunión de la Asociación Latinoamericana de Agrometeorología (4ª., 2004, Mar del

Plata). Memorias. Mar del Plata, Provincia de Buenos Aires, INTA EEA Rafaela. 1 disco compacto.

147. Vasconcelos, J.; Greene, L.; Mc Collum, F.; Bean, B.; Van Meter, R. 2003. Performance of crossbred steers grazing photoperiod sensitive and non photoperiod sensitive sorghum sudangrass hybrids. *Journal of Animal Science*. 81(2):1-2.
148. 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).
149. Velazco, J.; Rovira, P.; Esquivel, J. 2008. Efecto del acceso a sombra artificial en la ganancia de peso de novillos pastoreando sudangrás durante el verano (Uruguay). *Revista Argentina de Producción Animal*. 28(1):237-302.
150. \_\_\_\_\_.; Esquivel, J. E.; Rovira, P. 2012a. Efecto del acceso a sombra artificial en la ganancia de peso, estrés y conducta de novillos pastoreando sudangrás durante el verano. *In*: Rovira, P. ed. Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles de la región este del Uruguay. Montevideo, INIA. pp. 45-57 (Serie Técnica no. 202).
151. \_\_\_\_\_.; Rovira, P. 2012b. Efecto del tipo de sombra en la ganancia de peso, tasa respiratoria y conducta de novillos sobre sudangrás. *In*: Rovira, P. ed. Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles de la región este del Uruguay. Montevideo, INIA. pp. 59-70 (Serie Técnica no. 202).
152. Wattenbarger, D. W.; Gray, E.; Rice, J. S.; Reynolds, J. H. 1968. Effects of frost and freezing on HCN potential of sorghum plants. *Crop Science*. 8(5):526-529.
153. Wiersma, F. 1990. THI for dairy cows. Tucson, Arizona, USA, University of Arizona. Department of Agricultural Engineering. s.p.
154. Worker, G. F.; Marble, V. L. 1968. Comparison of growth stages of forage Sorghum types as to yield and chemical composition. *Agronomy Journal*. 60(6):669-671.

155. Zabalveytia, N.; Burjel, M. V.; Simeone, A.; Beretta, V. 2019. Una ayuda para presupuestar en sistemas ganaderos pastoriles: coeficientes técnicos sobre producción de forraje de nuevas opciones de cultivos forrajeros anuales. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (21<sup>a</sup>., 2019, Paysandú). Un medio campo para ganar el partido de la rentabilidad. Paysandú, Uruguay, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 88-93.
156. Zinn, R. A. 1988. Comparative feeding value of supplemental fat in finishing diets for feedlot steers supplemented with and without menensin. *Journal of Animal Science*. 66(1):213-227.
157. \_\_\_\_\_. 1989. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value in finishing diets for feedlot: feedlot cattle growth and performance. *Journal of Animal Science*. 67(4):1029-1037.

## 9. ANEXOS

Anexo No. 1. Estadísticas climáticas del período 1961-1990 para la estación meteorológica de Paysandú, de las principales variables para los meses de enero, febrero, marzo y abril

Estación meteorológica: Paysandú				
Ubicación: -32.348 -58.0366				
variables:	enero	febrero	marzo	abril
Temperatura media (°C)	24,8	23,7	21,6	18
Temperatura máxima media (°C)	31,5	30	27,6	23,9
Temperatura mínima media (°C)	18,3	17,6	15,7	12,5
Humedad relativa media (%)	65	69	72	75
Precipitación acumulada media (mm)	100	131	147	103
ITH (calculado)	73,1	71,8	68,9	63,5

Anexo No. 2. Análisis de la varianza para ITH calculado con los datos de los globos negros (sol y sombra)

Tests de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	Núm. DF.	Cuadrado de la media	F-valor	Pr > F
Variable dependiente: ITH ( $R^2=0,73$ )				
Día	43	6305,604394	2,60	0,0011
Tratamiento	1	291,163692	5,16	0,0281

Anexo No. 3. Análisis de la varianza para disponibilidad de forraje

Tests de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
MP	1	4	2,06	0,2247
SUPL.	1	4	0,14	0,7317
MP*SUPL.	1	4	0,20	0,6752
Semana	8	32	55,86	<0,0001
MP*semana	8	32	3,08	0,0108
SUPL.*semana	8	32	3,05	0,0115
MP*SUPL.*semana	8	32	2,03	0,0737

Donde: MP es manejo del pastoreo y SUPL. es suplementación.

Anexo No. 4. Análisis de la varianza para altura de pastura ofrecida (hoja más alta)

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
MP	1	4	1,00	0,3744
SUPL.	1	4	0,27	0,6333
MP*SUPL.	1	4	2,75	0,1724
Semana	8	32	17,43	<0,0001
MP*semana	8	32	1,56	0,1754
SUPL.*semana	8	32	1,51	0,1919
MP*SUPL.*semana	8	32	1,44	0,2182

Donde: MP es manejo del pastoreo y SUPL. es suplementación.

Anexo No. 5. Análisis de la varianza para rechazo de forraje

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
MP	1	36	8,98	0,0049
SUPL.	1	36	24,24	<0,001
MP*SUPL.	1	36	3,30	0,0777
Semana	8	36	7,73	<0,0001
MP*semana	8	36	0,69	0,6991
SUPL.*semana	8	36	2,83	0,0151
MP*SUPL.*semana	8	36	2,39	0,0352

Donde: MP es manejo del pastoreo y SUPL. es suplementación.

Anexo No. 6. Análisis de la varianza para altura de rechazo (hoja más alta)

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
MP	1	36	11,53	0,0017
SUPL.	1	36	18,40	0,0001
MP*SUPL.	1	36	0,07	0,7988
Semana	8	36	4,67	0,0006
MP*semana	8	36	1,15	0,3568
SUPL.*semana	8	36	1,96	0,0813
MP*SUPL.*semana	8	36	1,36	0,2471

Donde: MP es manejo del pastoreo y SUPL. es suplementación.

Anexo No. 7. Análisis de la varianza para utilización del forraje

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
MP	1	3,81	1,97	0,2361
SUPL.	1	3,75	4,97	0,0942
MP*SUPL.	1	3,72	1,10	0,3578
Semana	8	48,2	7,90	<0,0001

Donde: MP es manejo del pastoreo y SUPL. es suplementación.

Anexo No. 8. Análisis de la varianza para consumo de materia seca de forraje (% del peso vivo)

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
MP	1	4	6,56	0,0626
SUPL.	1	4	5,37	0,0814
MP*SUPL.	1	4	0,06	0,8239
MP*semana	3	12	0,96	0,4423
SUPL.*semana	3	12	1,01	0,4213
MP*SUPL.*semana	3	12	4,44	0,0257

Donde: MP es manejo del pastoreo y SUPL. es suplementación.

Anexo No. 9. Análisis de la varianza para el consumo de concentrado (kg MS/a./día)

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
MP	1	2	0,05	0,8412
MP*semana	16	16	593,88	<0,0001

MP: manejo del pastoreo

Anexo No. 10. Análisis de la varianza para eficiencia de conversión del suplemento

Tests de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	Núm. DF.	Cuadrado de la media	F-valor	Pr > F
Variable dependiente: eficiencia de conversión ( $R^2=0,547$ )				
MP	1	0,32661593	1,20	0,4708
Peso vivo inicio	1	0,03662308	0,13	0,7761

MP: manejo del pastoreo

Anexo No. 11. Análisis de la varianza para consumo de materia seca total (kg MS/a./día)

Tests de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
MP	1	4	6,60	0,0621
SUPL.	1	4	2,00	0,2301
MP*SUPL.	1	4	0,27	0,6322
Semana	3	12	13,87	0,0003
MP*semana	3	12	1,11	0,3846
SUPL.*semana	3	12	1,09	0,3891
MP*SUPL.*semana	3	12	4,17	0,0307

Donde: MP es manejo del pastoreo y SUPL. es suplementación.

Anexo No. 12. Análisis de la varianza para consumo de materia seca de forraje (kg MS/a./día)

Tests de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
MP	1	4	6,42	0,0644
SUPL.	1	4	1,57	0,2786
MP*SUPL.	1	4	0,26	0,6344
Semana	3	12	13,79	0,0003
MP*semana	3	12	1,11	0,3843
SUPL.*semana	3	12	0,94	0,4511
MP*SUPL.*semana	3	12	4,17	0,0308

Donde: MP es manejo del pastoreo y SUPL. es suplementación.

Anexo No. 13. Análisis de la varianza para pastoreo global (% del tiempo)

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
Día_dentro_sem.	5	100,2	15,18	<,0001
SUPL.	1	3,973	34,26	0,0043
MP	1	3,973	4,92	0,0911
MP*SUPL.	1	3,973	4,80	0,0940
Día_dentro_sem.*SUPL.	5	100,2	12,88	<,0001
Día_dentro_sem.*MP	5	100,2	5,21	0,0003
Día_dentro_sem.*MP*SUPL.	5	100,2	2,29	0,0517

Donde: MP es manejo del pastoreo, SUPL. es suplementación y día\_dentro\_sem. es días dentro de la semana.

Anexo No. 14. Análisis de la varianza para rumia global (% del tiempo)

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
Día_dentro_sem.	5	120,8	27,51	<,0001
SUPL.	1	4,521	38,01	0,0023
MP	1	4,521	53,07	0,0012
MP*SUPL.	1	4,521	2,52	0,1797
Día_dentro_sem.*SUPL.	5	120,8	5,35	0,0002
Día_dentro_sem.*MP	5	120,8	4,96	0,0004
Día_dentro_sem.*MP*SUPL.	5	120,8	3,28	0,0082

Donde: MP es manejo del pastoreo, SUPL. es suplementación y día\_dentro\_sem. es días dentro de la semana.

Anexo No. 15. Análisis de la varianza para descanso global (% del tiempo)

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
Día_dentro_sem.	5	124,3	50,25	<,0001
SUPL.	1	4,081	114,69	0,0004
MP	1	4,081	6,14	0,0671
MP*SUPL.	1	4,081	5,96	0,0698
Día_dentro_sem.*SUPL.	5	124,3	12,02	<,0001
Día_dentro_sem.*MP	5	124,3	3,24	0,0088
Día_dentro_sem.*MP*SUPL.	5	124,3	1,31	0,2639

Donde: MP es manejo del pastoreo, SUPL. es suplementación y día\_dentro\_sem. es días dentro de la semana.

Anexo No. 16. Análisis de la varianza para pastoreo (% del tiempo) en el período transcurrido de 7:00 a 10:00 horas

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
Día_dentro_sem.	5	146,2	18,89	<,0001
SUPL.	1	7,747	62,20	<,0001
MP	1	4,457	0,03	0,8693
MP*SUPL.	1	4,531	0,27	0,6268
Día_dentro_sem.*SUPL.	5	146,3	8,66	<,0001
Día_dentro_sem.*MP	5	143,8	1,82	0,1128

Donde: MP es manejo del pastoreo, SUPL. es suplementación y día\_dentro\_sem. es días dentro de la semana.

Anexo No. 17. Análisis de la varianza para pastoreo (% del tiempo) en el período transcurrido de 10:00 a 16:00 horas

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
Día_dentro_sem.	3	77,09	8,46	<,0001
SUPL.	1	5,117	0,29	0,6141
Día_dentro_sem.*SUPL.	3	77,09	2,38	0,0759

Donde: SUPL. es suplementación y día\_dentro\_sem. es días dentro de la semana.

Anexo No. 18. Análisis de la varianza para pastoreo (% del tiempo) en el período transcurrido de 16:00 a 19:00 horas

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
Día_dentro_sem.	5	143,6	15,94	<,0001
SUPL.	1	4,897	17,10	0,0094
MP	1	14,79	57,35	<,0001
MP*SUPL.	1	4,757	0,00	0,9723
Día_dentro_sem.*SUPL.	5	136,4	8,37	<,0001
Día_dentro_sem.*MP	5	143,3	6,99	<,0001

Donde: MP es manejo del pastoreo, SUPL. es suplementación y día\_dentro\_sem. es días dentro de la semana.

Anexo No. 19. Análisis de la varianza para rumia (% del tiempo) en el período transcurrido de 7:00 a 10:00 horas

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
Día_dentro_sem.	3	100,5	6,85	0,0003
SUPL.	1	4,415	4,94	0,0839
MP	1	4,238	2,25	0,2038
MP*SUPL.	1	4,298	0,01	0,9279
Día_dentro_sem.*SUPL.	3	100,7	4,60	0,0046
Día_dentro_sem.*MP	3	95,01	5,46	0,0017

Donde: MP es manejo del pastoreo, SUPL. es suplementación y día\_dentro\_sem. es días dentro de la semana.

Anexo No. 20. Análisis de la varianza para rumia (% del tiempo) en el período transcurrido de 10:00 a 16:00 horas

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
Día_dentro_sem.	5	126,7	26,95	<,0001
SUPL.	1	4,565	52,74	0,0011
MP	1	4,509	95,01	0,0003
MP*SUPL.	1	4,214	1,96	0,2310
Día_dentro_sem.*SUPL.	5	123,8	5,75	<,0001
Día_dentro_sem.*MP	5	121,2	2,43	0,0385

Donde: MP es manejo del pastoreo, SUPL. es suplementación y día\_dentro\_sem. es días dentro de la semana.

Anexo No. 21. Análisis de la varianza para rumia (% del tiempo) en el período transcurrido de 16:00 a 19:00 horas

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
Día_dentro_sem.	5	145,5	3,64	0,0039
SUPL.	1	7,2	5,06	0,0582
MP	1	6,77	7,39	0,0308
MP*SUPL.	1	4,685	0,52	0,5065
Día_dentro_sem.*SUPL.	5	118,1	1,52	0,1893
Día_dentro_sem.*MP	5	146,8	3,69	0,0036

Donde: MP es manejo del pastoreo, SUPL. es suplementación y día\_dentro\_sem. es días dentro de la semana.

Anexo No. 22. Análisis de la varianza para descanso (% del tiempo) en el período transcurrido de 7:00 a 10:00 horas

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
Día_dentro_sem.	5	138,9	6,36	<,0001
SUPL.	1	6,013	41,51	0,0007
MP	1	4,462	0,93	0,3837
MP*SUPL.	1	4,371	0,45	0,5378
Día_dentro_sem.*SUPL.	5	136	3,86	0,0026
Día_dentro_sem.*MP	5	142,9	3,16	0,0098

Donde: MP es manejo del pastoreo, SUPL. es suplementación y día\_dentro\_sem. es días dentro de la semana.

Anexo No. 23. Análisis de la varianza para descanso (% del tiempo) en el período transcurrido de 10:00 a 16:00 horas

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
Día_dentro_sem.	5	105	39,46	<,0001
SUPL.	1	4,284	61,07	0,0011
MP	1	4,23	0,56	0,4951
MP*SUPL.	1	4,228	6,44	0,0608
Día_dentro_sem.*SUPL.	5	104,6	8,75	<,0001
Día_dentro_sem.*MP	5	104,6	2,86	0,0183

Donde: MP es manejo del pastoreo, SUPL. es suplementación y día\_dentro\_sem. es días dentro de la semana.

Anexo No. 24. Análisis de la varianza para descanso (% del tiempo) en el período transcurrido de 16:00 a 19:00 horas

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
Día_dentro_sem.	3	105,7	15,30	<,0001
SUPL.	1	92,55	1,42	0,2363
MP	1	94,28	13,62	0,0004
MP*SUPL.	1	88,6	0,03	0,8728
Día_dentro_sem.*SUPL.	3	95	6,03	0,0008
Día_dentro_sem.*MP	3	103,4	2,14	0,1003

Donde: MP es manejo del pastoreo, SUPL. es suplementación y día\_dentro\_sem. es días dentro de la semana.

Anexo No. 25. Análisis de la varianza para tasa de bocado (bocados por minuto)

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
Día_dentro_sem.	5	85,3	15,92	<,0001
SUPL.	1	58	0,12	0,7294
MP	1	58	5,22	0,0261
MP*SUPL.	1	58	0,21	0,6472
Horario	1	212	0,44	0,5061
Día_dentro_sem.*MP	5	85,3	0,30	0,9139
Día_dentro_sem.*SUPL.	5	85,3	1,19	0,3213
Día_dentro_sem.*MP*SUPL.	5	85,3	0,65	0,6650
Horario*MP	1	212	4,90	0,0278
Horario*SUPL.	1	212	0,12	0,7312
Horario*MP*SUPL.	1	212	0,11	0,7448

Donde: MP es manejo del pastoreo, SUPL. es suplementación y día\_dentro\_sem. es días dentro de la semana.

Anexo No. 26. Análisis de la varianza para defoliación acumulada (proporción del día uno)

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
MP	1	4	11,92	0,0260
SUPL.	1	4	0,99	0,3757
MP*SUPL.	1	4	0,09	0,7828
Semana	2	14	8,67	0,0035
Día_dentro_sem.	6	24	42,27	<,0001
MP*día_dentro_sem.	6	24	0,44	0,8438
SUPL.*día_dentro_sem.	6	24	0,76	0,6070
MP*semana*día_dentro_sem.	14	82	1,72	0,0671
SUPL.*semana*día_dentro_sem.	14	82	2,31	0,0100
MP*SUPL.*día_dentro_sem.	6	24	0,22	0,9654

Donde: MP es manejo del pastoreo, SUPL. es suplementación y día\_dentro\_sem. es días dentro de la semana.

Anexo No. 27. Análisis de la varianza para patrón de defoliación (altura diaria cm)

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
MP	1	4	6,88	0,0587
SUPL.	1	4	0,67	0,4581
MP*SUPL.	1	4	3,60	0,1305
Semana	2	14	74,89	<,0001
Día_dentro_sem.	6	24	50,89	<,0001
MP*día_dentro_sem.	6	24	2,88	0,0292
SUPL.*día_dentro_sem.	6	24	0,40	0,8697
MP*semana*día_dentro_sem.	14	82	1,61	0,0939
SUPL.*semana*día_dentro_sem.	14	82	1,26	0,2506
MP*SUPL.*día_dentro_sem.	6	24	0,40	0,8697

Donde: MP es manejo del pastoreo, SUPL. es suplementación y día\_dentro\_sem. es días dentro de la semana.

Anexo No. 28. Análisis de la varianza para tasa respiratoria (respiraciones por minuto)

Tests de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	Núm. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr > F
MP	1	3,99	28,20	0,0061
SUPL.	1	3,99	45,27	0,0026
MP*SUPL.	1	3,99	0,18	0,6962
Día*MP	26	986	7,79	<,0001
Día	26	986	91,79	<,0001
Día*SUPL.	26	986	7,37	<,0001
Horario	1	390	1093,10	<,0001
Horario*MP	1	390	106,11	<,0001
Horario*SUPL.	1	390	42,93	<,0001
Horario*MP*SUPL.	1	391	4,05	0,0449

Donde: MP es manejo del pastoreo y SUPL. es suplementación.

Anexo No. 29. Análisis de la varianza para peso vivo

Tests de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	Núm. DF.	Cuadrado de la media	F-valor	Pr > F
Variable dependiente: peso vivo inicio ( $R^2=0,812$ )				
MP	1	21,125	6,26	0,0666
SUPL.	1	1,125	0,33	0,5946
MP*SUPL.	1	36,125	10,70	0,0307
Variable dependiente: peso vivo pesada 2 ( $R^2=0,964$ )				
MP	1	14,6425993	2,09	0,2439
SUPL.	1	502,6153846	71,80	0,0035
MP*SUPL.	1	17,4710327	2,50	0,2123
PVINI.	1	73,5	10,50	0,0478
Variable dependiente: peso vivo pesada 3 ( $R^2=0,996$ )				
MP	1	0,194946	0,06	0,8153
SUPL.	1	2261,538462	753,85	0,0001
MP*SUPL.	1	13,602015	4,53	0,1231
PVINI.	1	54	18,00	0,0240
Variable dependiente: peso vivo pesada 4 ( $R^2=0,996$ )				
MP	1	11,513906	2,64	0,2028
SUPL.	1	3444,480057	789,26	<,0001
MP*SUPL.	1	14,161815	3,24	0,1694
PVINI.	1	68,907407	15,79	0,285

Variable dependiente: peso vivo pesada 5 ( $R^2=0,993$ )				
MP	1	10,116393	1,14	0,3633
SUPL.	1	3845,368946	434,72	0,0002
MP*SUPL.	1	18,221149	2,06	0,2467
PVINI.	1	64,462963	7,29	0,0738
Variable dependiente: peso vivo pesada 6 ( $R^2=0,996$ )				
MP	1	20,149819	2,57	0,2071
SUPL.	1	5945,653846	759,02	0,0001
MP*SUPL.	1	3,177582	0,41	0,5695
PVINI.	1	73,5	9,38	0,0549
Variable dependiente: peso vivo pesada 7 ( $R^2=0,995$ )				
MP	1	21,568659	1,85	0,2667
SUPL.	1	7548,723647	648,41	0,0001
MP*SUPL.	1	32,134527	2,76	0,1952
PVINI.	1	115,574074	9,93	0,0512

Donde: MP es manejo del pastoreo, SUPL. es suplementación y PVINI. es peso vivo inicio.

### Anexo No. 30. Análisis de la varianza para ganancia de peso promedio

Tests de tipo 3 de efectos fijos ( $R^2=0,989$ )				
Efecto	Núm. DF.	Cuadrado de la media	F-valor	Pr > F
MP	1	0,00100126	0,21	0,6804
SUPL.	1	1,32601154	273,40	0,0005
MP*SUPL.	1	0,01293136	2,67	0,2010
PVINI.	1	0,00735	1,52	0,3060

Donde: MP es manejo del pastoreo, SUPL. es suplementación y PVINI. es peso vivo inicio.