

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DEL TIPO DE SORGO BAJO PASTOREO EN LA
PRODUCCIÓN ANIMAL**

por

**Edgardo BONJOUR RODRIGUEZ
Ramiro OLIVERA MARTÍNEZ**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2022**

Tesis aprobada por:

Director: _____
Ing. Agr. Ramiro Zanoniani

Ing. Agr. Javier García Favre

Ing. Agr. David Silveira

Fecha: _____

Autor: _____
Edgardo Bonjour Rodriguez

Ramiro Olivera Martinez

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias y amigos por su apoyo incondicional durante todo nuestro proceso de formación.

A nuestro director de tesis Ing. Agr. Ramiro Zanoniani por su apoyo y disponibilidad, que fueron fundamentales para el desarrollo del presente trabajo.

A la Facultad de Agronomía por proveernos los medios para llevar adelante la carrera y el trabajo final.

Al personal de la EEMAC, que brindaron un apoyo fundamental para que este trabajo pueda llevarse a cabo en época de pandemia.

A nuestras compañeras Romina Blanco y Micaela Waller con quienes compartimos la etapa de campo, por mostrar gran predisposición durante todo el proceso de elaboración de la tesis.

A Inés y Stephanie por su gran dedicación y ayuda en los aspectos formales de la tesis.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	iii
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. VERDEOS DE VERANO.....	3
2.1.1. Sorgo forrajero.....	4
2.1.1.1. Características de los materiales BMR.....	7
2.2.1.2. Características de los materiales Fotosensitivos.....	11
2.2 PASTOREO.....	13
2.2.1. Manejo del pastoreo.....	13
2.2.2. Pastoreo de Sorgo Forrajero.....	14
2.2.3. Factores que afectan el comportamiento animal en pastoreo.....	17
2.2.3.1 Factores Abióticos.....	17
2.2.3.2 Factores Bióticos.....	19
2.3 PRODUCTIVIDAD ANIMAL EN PASTOREO.....	21
2.3.1 Consumo en pastoreo.....	22
2.3.1.1 Factores no nutricionales que afectan el consumo.....	23
2.3.1.2. Factores nutricionales que afectan el consumo.....	26
2.3.2 Resultados de Producción Animal Pastoreando Sorgo.....	30
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1. LOCALIZACIÓN.....	32
3.2. SUELO.....	32
3.3. PERÍODO Y MATERIAL EXPERIMENTAL.....	32
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	33
3.5. TRATAMIENTOS.....	33

3.6. CROQUIS DEL EXPERIMENTO	34
3.7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	35
3.7.1 Manejo Animal	35
3.7.2 Manejo del pastoreo	35
3.8. DETERMINACIONES REALIZADAS	36
3.8.1 Previo al pastoreo	36
3.8.1.1. Disponibilidad de forraje.....	36
3.8.1.2. Composición botánica.....	36
3.8.1.3. Carga	36
3.8.1.4. Oferta de Forraje.....	36
3.8.2 Posterior al pastoreo.....	37
3.8.2.1. Forraje remanente	37
3.8.2.2. Composición botánica.....	37
3.8.2.3. Forraje Desaparecido.....	37
3.8.3. Posterior a cada ciclo de pastoreo	37
3.8.3.1. Ganancia Total.....	37
3.8.3.2. Ganancia diaria individual	37
3.8.3.3. Eficiencia sobre producido	37
3.8.3.4. Eficiencia sobre desaparecido	38
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1. DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE	39
4.1.1. Temperatura	39
4.1.2. Precipitaciones.....	40
4.1.3. Balance Hídrico	40
4.1.4. Índice de Humedad y Temperatura (ITH).....	42
4.2. PASTOREO DE SORGO FORRAJERO.....	44
4.3 PRODUCCIÓN ANIMAL	45
4.3.1 Carga	45

4.3.2 Oferta de forraje.....	46
4.3.3 Ganancia media diaria (GMD)	47
4.3.3.1. Ganancia media diaria en relación a la MS hoja Disponible	52
4.3.4 Ganancia total de peso	53
4.3.5 Eficiencia sobre desaparecido por ciclo de pastoreo	54
4.3.6 Eficiencia sobre el Producido y Desaparecido Total	56
4.3.7 Ganancia media diaria de sorgo forrajero comparado con pradera mezcla	57
5. CONCLUSIÓN	60
6. RESUMEN	61
7. SUMMARY.....	62
8. BIBLIOGRAFÍA	63
9. ANEXOS	80

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro	Página
Cuadro No. 1 Producción de MS (kg/ha) de Sorgo forrajero Cv. Talisman BMR y Promedio de la evaluación.....	9
Cuadro No. 2 Características del cv. Talismán	10
Cuadro No. 3 Producción de MS (kg/ha) de sorgo fotosensitivo Cv. Green supremo	11
Cuadro No. 4 Características del cv. Green supremo.....	13
Cuadro No. 5 Composición química del sorgo forrajero y de los cv. fotosensitivo (FS) y BMR	28
Cuadro No. 6 Efecto del pastoreo de distintos tipos de sorgo sobre la performance de novillos.....	30
Cuadro No. 7 Resumen de datos de 2 variedades de sorgo forrajero en pastoreo	44
Cuadro No. 8 Carga por ha (UG/ha) de cada tratamiento promedio y por ciclo de pastoreo	45
Cuadro No. 9 Oferta de forraje (kgMS/100kgPV) de cada ciclo de pastoreo y promedio por tratamiento	46
Cuadro No. 10 Ganancia media diaria para cada tratamiento y cada ciclo de pastoreo (kg/an/día).....	48
Cuadro No. 11 Ganancia total de peso para cada tratamiento (kg/ha)	53
Cuadro No. 12 Eficiencia sobre desaparecido en cada ciclo de pastoreo (kg MS/kg PV).....	54
Cuadro No. 13 Eficiencia sobre producido y desaparecido de cada tratamiento	56
Cuadro No. 14 Efecto del recurso forrajero en pastoreo y la oferta de forraje sobre la ganancia media diaria.	57

Figura	Página
Figura No. 1 Representación simplificada del área experimental.	34
Figura No. 2 Resumen cronológico del experimento	35
Figura No. 3 Temperatura media (°C) para el período septiembre-abril 2020/2021 y serie histórica 2002/2018 en Paysandú.	39
Figura No. 4 Precipitaciones ocurridas entre Noviembre 2021 y Abril 2022 comparado con serie histórica de precipitaciones de 2002 hasta 2018 para el mismo período, en Paysandú.	40
Figura No. 5 Agua disponible en el suelo para la estación de crecimiento del cultivo.	41
Figura No. 6 Índice de Humedad y Temperatura (ITH) desde el 1 de enero de 2021 al 3 de mayo de 2021. Se representan la curva de ITH promedio diario (Azul) y la curva de ITH promedio en el horario de 11-16 (Negro).....	42
Figura No. 7 Relación entre la GMD y la cantidad de MS de hoja (kg/ha) disponible.....	52

1. INTRODUCCIÓN

La demanda creciente de carne a nivel mundial, el aumento del precio de la renta y la tierra, junto al crecimiento de otros rubros en el país como son el agrícola y forestal, exigen un aumento en la producción y la eficiencia de los sistemas ganaderos para hacerlos competitivos dentro de este panorama actual.

La manera de aumentar la eficiencia de un sistema de invernada es obtener elevadas ganancias individuales y por ha. El objetivo de esto es lograr el peso de faena lo más temprano posible en la vida del animal, para de esta manera reducir el tiempo efectivo del mismo a campo, donde consume forraje sin generar ningún beneficio económico.

En este sentido, en Uruguay se ha visto una tendencia en los últimos años donde del total de novillos faenados, aumenta la proporción ocupada por novillos de 2-4 dientes en relación al resto de las categorías.

Para cumplir los objetivos en pastoreo, el verano presenta grandes limitantes. Algunas relacionadas al animal y su metabolismo, como son los niveles de estrés sufrido por las condiciones climáticas de humedad y temperatura, característicos de la estación. Mientras que por otro lado las limitantes asociadas al recurso forrajero en pastoreo, como son el déficit forrajero estacional existente en muchos predios, y la baja calidad de dicho forraje debido a que la mayoría de sus componentes se encuentran en estado reproductivo, con una baja digestibilidad y por lo tanto bajo valor nutritivo.

Estas condiciones ambientales estivales, son propicias para la producción con gramíneas C4. La inclusión de sorgo forrajero como alternativa tecnológica dentro de la rotación, ofrece una oportunidad para hacerle frente a la estación más seca y calurosa del año, teniendo una elevada eficiencia de uso de los recursos, caracterizado por tener una alta producción de forraje en un corto periodo de tiempo. Esto permite tener altas cargas instantáneas, no provocar un sobrepastoreo de las praderas del sistema que comprometan su producción en el largo plazo, además de la posibilidad de ser utilizado tanto en pastoreo directo como para la confección de reservas forrajeras. También presentan buena producción otoñal, lo que permite en ocasiones reducir el “cuello de botella” generado en dicha estación cuando hay mucha área destinada a verdeos de invierno o praderas de primer año.

Las limitantes de estos materiales, son que, en sus etapas iniciales, condiciones de estrés o con mucha disponibilidad de nitrógeno en los primeros

pastoreos, producen glucósidos cianogénicos en altas concentraciones, los cuales generan la producción de ácido cianhídrico dentro del animal, que le puede producir la muerte. Por otro lado, es muy relevante el manejo del pastoreo, no sólo para favorecer el crecimiento, utilización y calidad de la pastura, sino que también para evitar disminuciones económicas por bajas utilidades de forraje.

A través de programas de mejoramiento genético, se han desarrollado variedades como las utilizadas en este experimento, BMR y Fotosensitivo las cuales apuntan a mejorar la calidad y producción del sorgo forrajero. La primera de las variedades mencionadas, se caracteriza por tener menor contenido de lignina y por lo tanto mayor digestibilidad, que se traduce en una mayor capacidad de consumo comparado a cultivares que no son BMR. La segunda se caracteriza por no emitir flor, permitiendo una mayor partición de los fotoasimilados para la producción de forraje, así como un forraje de mayor digestibilidad por verse reducido el encañado de las plantas. Ambas características de estos materiales permiten una mejor utilización de los mismos.

Objetivo general:

Evaluar estas nuevas alternativas de sorgo para pastoreo en producción animal.

Objetivos Específicos:

Hacer una evaluación comparativa de los resultados de producción animal de machos Holando en pastoreo de estos dos cultivares de sorgo forrajero.

Evaluar qué factor de producción (cantidad vs calidad) contribuye en mayor proporción a la ganancia individual y por unidad de área.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. VERDEOS DE VERANO

Si bien no hay una definición establecida, Arenas y Antonini (2014) estiman un posible concepto de verdeos como aquellas especies vegetales anuales, gramíneas y en general cereales que tienen la capacidad de producir pasto en invierno o verano, que se siembran para ser consumidos en su etapa de “forraje verde” y su característica principal es la de presentar alta productividad en un período corto de tiempo (Trujillo y Uriarte, 2011).

Fassio et al. (2002) afirman que las condiciones climáticas de nuestro país en verano, no son las más adecuadas para un desarrollo óptimo de especies templadas. Esto hace que disminuya la cantidad y calidad de forraje, reduciendo la capacidad de carga animal. Para superar dicha limitante, una alternativa sería la inclusión de verdeos de verano dentro de las rotaciones, ya que permiten mejorar la ganancia de peso animal y aumentar la capacidad de carga del predio (Rovira y Echeverría, 2013).

Los verdeos de verano son especies adaptadas a crecer con altas temperaturas, presentando una alta tasa de crecimiento durante el ciclo, lo que les permiten aportar grandes cantidades de forraje en una época del año donde la mayoría de las pasturas sembradas ven disminuida la capacidad de oferta. Las especies más comúnmente utilizadas son sorgo, moha, maíz y últimamente se viene incrementando el uso de soja. (Aello et al., 2018).

Estas especies se utilizan a menudo porque se pueden sembrar durante el principio del verano en regiones templadas y producen pasturas en la última etapa del verano y en el otoño (Church, 1984). El motivo principal de la época de siembra recomendada es que son cultivos sensibles a heladas, por lo tanto es necesario que sean implantados fuera de la época de ocurrencia de estas, con una temperatura del suelo superior a 15 °C, con un óptimo entre 18 y 20 °C (Murray et al., 2010).

De esa elevada producción de forraje mencionada, su contribución realmente efectiva se produce a partir de fines de diciembre-principios de enero, provocando que su aporte forrajero sea principalmente en verano (70%) y en menor medida en otoño (30%), expuesto a variaciones importantes de acuerdo con las condiciones climáticas que presente dicha estación. La ocurrencia de otoños secos y fríos limita seriamente sus rendimientos (Carámbula, 1991).

Por otro lado, en años climáticamente favorables se puede aprovechar el alto potencial de producción de los verdeos para elaborar reservas y transferir forraje hacia el invierno, donde generalmente se producen deficiencias por las bajas tasas de crecimiento de la estación (Cicchino y Otondo, 2019).

En el mismo sentido, Carámbula (2002) menciona que el uso de cultivos anuales de ciclo estival, permiten aprovechar al máximo las condiciones de verano, lográndose en esta época volúmenes importantes de forraje tanto para pastoreo como para ensilar, en áreas pequeñas y en períodos cortos de tiempo. Estos pueden ser sembrados asociados a especies pratenses lo que permite además de entregar forraje en verano, facilitar la implantación de la pastura.

Según Carámbula (2007) cuando los sistemas intensivos se plantean con elevadas cargas, los verdeos de verano ocupan un lugar muy importante en la rotación forrajera, debido a que permiten el pastoreo de los animales en producción. El número de pastoreos depende de la especie de verdeo utilizada (Murray et al., 2010).

2.1.1. Sorgo forrajero

Los sorgos son miembros de la familia de las Gramíneas, subfamilia Panicoideae, tribu Andropogonaceas, sub-tribu Sorghostrae.

Es una gramínea de origen tropical que ha sido adaptada, a través del mejoramiento genético, a una gran diversidad de ambientes (Carrasco et al., 2011). Correa (2001) recomienda la siembra cuando la temperatura del suelo sea de 18°C durante 3 días tomados a las 10 de la mañana, respetar una profundidad de 4 a 5cm en aquellos suelos arenosos pero de 2,5 a 3 en suelos arcillosos, con una densidad de siembra de 16 a 20 kg/ha para lograr unas 600 mil plantas/ ha (Carrasco et al., 2011). En Uruguay, las condiciones recomendadas se dan generalmente a partir de la segunda quincena de octubre hasta la segunda de noviembre (Fassio et al., 2002).

En cuanto a las ventajas de su inclusión en una rotación forrajera, Montossi et al. (2020) mencionan que tiene una alta adaptación a las condiciones agroecológicas de Uruguay, alta productividad y capacidad de carga estival, aportan forraje al inicio del otoño, permite cuidar las praderas permanentes durante el verano y colabora en el control de malezas.

Fassio et al. (2002) nombran como las principales ventajas del sorgo forrajero su elevada eficiencia de uso de los recursos por ser una especie C4 comparado a una C3, su excelente macollaje que le permite compensar la pérdida de plantas y cubrir rápidamente el suelo, la tolerancia a condiciones de déficit hídrico y su alta producción de forraje.

Las características del sistema radicular del sorgo son las que le permiten tolerar mayores estreses hídricos comparado a otros cultivos, ya que la planta en sus primeros estadios prioriza la producción del sistema radicular, para luego priorizar la parte foliar. Si a esto se le suma la buena capacidad de regulación de la transpiración, y que puede retrasar su desarrollo frente a condiciones ambientales adversas, se puede concluir que este cultivo es altamente resistente a periodos de estrés hídrico (Carrasco et al., 2011).

Carámbula (2007) y Ayala et al. (2014) coinciden en que, si bien es un cultivo tolerante a los déficits hídricos y con capacidad de crecer en variados tipos de suelos, su producción puede verse comprometida frente a períodos prolongados de anegamiento, donde el nivel de humedad determina el grado de desarrollo que logre este cultivo durante su crecimiento, lo que también afecta la variabilidad en la producción animal y en el margen bruto alcanzable (Montossi et al., 2020).

Cicchino y Otondo (2019) hablan del sorgo como el verdeo por excelencia, y fundamentan esa afirmación basados en dos atributos que presenta esta gramínea: rusticidad y versatilidad. La rusticidad determina su adaptación a diferentes ambientes. La versatilidad se debe a su alta capacidad de rebrote y macollaje, que le confiere un alto poder compensatorio y, por otro lado, su alta variabilidad genética que ha permitido ampliar el espectro de materiales, mejorando tanto su potencial productivo como su calidad.

Comparándolo con los cultivos mencionados como posibles verdeos de verano, el sorgo forrajero presenta mayor producción de forraje que el resto, y se diferencia del maíz por su alta capacidad de rebrote (Carrasco et al., 2011), su mayor adaptación y respuesta a condiciones de clima y suelo limitante (Kent, 2019), permitiendo mayor número de pastoreos y estabilidad en situaciones de menor potencialidad productiva. La cantidad total de pastoreos, Gallarino (2008) afirma que variará entre 3 y 6, dentro del ciclo vegetativo del sorgo, dependiendo del material genético y de la zona donde se ha sembrado.

Dentro de las principales desventajas de la inclusión de sorgo forrajero dentro de las rotaciones, según Carámbula (2007) se encuentran las altas tasas de crecimiento en sistemas con manejo tradicional que limiten la utilización, la presencia de sustancias tóxicas en condiciones de estrés que pueden afectar al

animal en pastoreo, los rastros con una alta relación C/N y también sustancias alelopáticas.

Todas las desventajas mencionadas, pueden ser tomadas en cuenta y superarse a través del manejo. Las primeras ajustando el manejo del pastoreo, y la última con una rotación adecuada. Por este motivo, en el caso del sorgo forrajero el manejo del pastoreo tiene un rol fundamental para poder aprovechar al máximo las ventajas de su inclusión en la rotación.

Barbera y Benítez (2016) realizando experimentos en INTA Mercedes concluyen que el sorgo forrajero es una muy buena alternativa cuando el sistema de producción requiere el soporte de altas cargas y aceptable ganancia de peso durante el verano. Sugieren además que previo a su inclusión en sistemas ganaderos hay que hacer un balance entre el riesgo de incluir un recurso anual que tiene gran dependencia de condiciones meteorológicas y malas cualidades como antecesor, con su excelente capacidad de aprovechar la radiación y los recursos disponibles en el suelo.

Lagomarsino y Montossi (2014) en un trabajo donde evalúan el engorde estival de novillos en pastoreo de sorgo forrajero, concluyen que este verdeo se puede utilizar de forma estratégica en pastoreos con altas cargas instantáneas permitiendo intensificar el sistema, aumentando la productividad y reduciendo la edad de faena, lo que mejora la calidad del producto.

Los materiales de sorgo forrajero disponibles, Ayala et al. (2014) mencionan que son:

a) Variedades e híbridos de sudangras, que presentan como características principales, tallos finos, alto grado de macollaje, adecuada recuperación y rebrote después del pastoreo y resistencia al pisoteo.

b) Híbridos tipo sudan (originados por el cruzamiento de una línea de sudangrás como fuente de polen con sorgo granífero macho estéril). Presentan como el grupo anterior, características adecuadas para pastoreo, pero son mejor adaptados para ensilar. En general presentan tallos más gruesos y hojas más anchas que los sudangrás y se caracterizan por tener una menor precocidad que los mismos, permitiendo ser pastoreados con antelación (Carámbula, 2007).

c) Híbridos doble propósito (granífero/forrajero), de altos rendimientos en grano y alta producción de forraje.

d) Variedades e híbridos de tipo azucarado, especialmente aptos para silo, de gran rendimiento. Las características de estos cultivares son que presentan en sus tallos cantidades variables de jugos dulces, poseen alta proporción de tallos, baja de panojas e intermedia de hojas, con una menor capacidad de rebrote que los mencionados anteriormente (Carámbula, 2007).

Además de estos, en la actualidad existen materiales llamados BMR y Fotosensitivos. La elección de sorgos y la forma de utilización de los mismos va a depender del tipo de sistemas de producción al que estemos apuntando: cría, recría, engorde, así como a las categorías que lo utilizarán (Carrasco et al., 2011).

2.1.1.1. Características de los materiales BMR

Según lo mencionado por Ayala et al. (2014), los sorgos BMR (de nervadura marrón) se caracterizan por tener un gen marcador que le brinda las características de escasa lignina y alta digestibilidad.

Casler et al. (2003) sitúan el descubrimiento del rasgo de nervadura central marrón en 1931, pero dice que los mutantes de nervadura central marrón no se utilizaron en germoplasma comercial hasta la década de 1990. Con respecto a los beneficios de su inclusión, manifiestan que estas mutaciones de un solo locus representan el mecanismo más rápido y efectivo para modificar genéticamente el valor nutricional de los cultivos forrajeros. Puede estar presente en cultivares de sudangrás, híbridos de sorgo dulce, sorgo híbrido, maíz y mileto (Berlangieri, 2008).

En cuanto a su identificación visual, Lus (2020) manifiesta que es relativamente sencilla, ya que provoca la formación de un anillo marrón en la base de los tallos mediante un corte transversal.

Son cultivares que surgen con el objetivo de superar una de las limitantes del sorgo forrajero, la calidad. En este sentido Rovira y Echeverría (2013) afirman que si bien la producción del sorgo forrajero es elevada, las ganancias diarias de peso que se pueden alcanzar son moderadas debido a desbalances nutricionales. Según los autores, este es el motivo de la expansión del uso de materiales con el gen de nervadura marrón, que le confiere a la planta menor contenido de lignina y por lo tanto mayor digestibilidad.

Según lo mencionado por Lus (2020) la presencia de este gen recesivo determina que los híbridos contienen aproximadamente la mitad de la lignina respecto de un material normal, lo que implica un incremento de 8 a 15 puntos

de digestibilidad dependiendo del híbrido y su conformación genética. Di Buo (2010) afirma que los sorgos con el gen BMR poseen un contenido de lignina 25-30% inferior a un sorgo normal, que genera un incremento en la digestibilidad de la fibra, la velocidad del tránsito ruminal, el consumo voluntario y la producción de carne.

Los sorgos BMR presentan buen crecimiento y alta capacidad de rebrote al igual que los sorgos sudán, aportando alto volumen de forraje cosechable por los animales. Su diferencia con los otros tipos de sorgo forrajero radica en que presentan mayor calidad, en términos de digestibilidad, aumentando el consumo de forraje por animal principalmente en hacia fines del verano, donde los sorgos se encañan y pierden valor nutritivo (Carrasco et al., 2011).

Si bien presenta ventajas por su valor nutritivo, Casler et al. (2003) afirman que generalmente los fenotipos de nervadura central marrón sufren reducciones de rendimiento en MS y vigor en plantas que los sorgos no BMR, diferencia que se incrementa en años bajo condiciones ambientales adversas (Kent, 2019).

En cuanto al objetivo del cultivo, si se busca diferirlo o elaborar reservas Coria et al. (2009) alegan que lo ideal sería utilizar un híbrido BMR dado que la pérdida en calidad es menor que las otras forrajeras (comunes y fotosensibles) y si bien estos materiales muestran una tendencia a un mayor vuelco, se ha comprobado que los animales aprovechan todo, lo que está en pie y en el suelo.

Bianco et al. (2003) obtuvieron resultados donde los ensilados de sorgo BMR presentaron un mayor contenido de PB (+2%) y también un mayor contenido de las fracciones de la pared celular pero con baja lignificación. Esta característica explica la buena digestibilidad y consumo de estos materiales en comparación al ensilado de maíz.

Cuadro No. 1 Producción de MS (kg/ha) de Sorgo forrajero Cv. Talisman BMR y Promedio de la evaluación

Cultivar	Época 1 (kg MS/ha)	Época 2 (kg MS/ha)
Talismán BMR	12745	10494
Sorgo Forrajero*	12712	9535

*Valor promedio de evaluación de cultivares (incluye materiales BMR y no BMR). **Fuente:** Vilaró (2007).

En el cuadro No. 1 se presentan los resultados de producción (kg MS/ha) obtenidos en la evaluación de cultivares para sorgo forrajero cv. Talismán BMR (PC 062 BMR).

En la evaluación de cultivares de INIA-INASE para la zafra 2006/07, se evalúa la producción de forraje bajo cortes con 2 épocas de siembra en INIA La Estanzuela. La primera (Época 1) fue el 19/10/06 y la segunda (Época 2) fue el 01/12/06.

Se puede observar que la producción del cv. Talismán BMR fue la misma que la del promedio de los cultivares en evaluación en la época 1, siendo un 10% superior al promedio en la época 2. Se puede visualizar también, que las fechas de siembra más temprano provocaron un aumento en la producción de forraje de estos materiales.

Barbera y Benítez (2016) obtuvieron resultados donde la comparación de los materiales BMR vs no BMR, no demostraron diferencias significativas en biomasa acumulada, crecimiento, biomasa cosechada ni eficiencia de cosecha, pero sí diferencias numéricas a favor de los materiales BMR. La producción total también fue similar, pero se observó una notable preferencia de los animales por plantas de material BMR en los lugares donde estaban mezcladas con plantas no BMR (ej cabeceras).

Resultados similares obtuvieron Rovira y Echeverría (2013) en experimentos de comportamiento ingestivo, en los cuales se observó por prueba de preferencia que los animales siempre pastorearon como primera opción y utilizaron una mayor proporción del forraje de aquellos materiales que incluían el gen BMR comparado con otras variedades de sorgo. En este experimento además el sorgo BMR presentó como ventaja mayor digestibilidad y menor contenido de lignina en el tallo, lo que mejoró la ganancia de peso de los novillos.

Montossi et al. (2020), en un experimento donde se evaluaron materiales BMR y Sudangrás, concluyeron que la información relevada muestra mayor potencial productivo y una tendencia a un mejor nivel de proteína (8,9 vs. 9,9%) y digestibilidad (64,7 vs. 59,7%) a favor del BMR, que se traduce en una mayor productividad individual y por unidad de superficie del sorgo híbrido BMR frente al sudangrás.

De todas formas Kent (2019) afirma que existe una superposición entre materiales, y que no siempre los BMR producirán menos y tendrán una mayor digestibilidad que los mismos híbridos sin el gen BMR, sino que en ocasiones puede ocurrir lo contrario.

Talismán BMR es un cultivar de sorgo forrajero híbrido con el Gen BMR que tiene sus orígenes en Estados Unidos. Las características del cultivar se detallan a continuación:

Cuadro No. 2 Características del cv. Talismán

Tipo	Sudax-Nervadura marrón
Ciclo	Intermedio
Días a floración	70-75
Altura de planta (cm.)	260-280
Tolerancia a quebrado	Muy Bueno
Tolerancia a vuelco	Muy Bueno
Relación hoja/tallo	35-65%
Velocidad de rebrote	Excelente
Contenido de azúcares en tallo	Muy Alto
Palatabilidad	Excelente

Fuente: tomado de Procampo (s.f.a)

2.2.1.2. Características de los materiales Fotosensitivos

Los materiales fotosensitivos, como su nombre lo dice se caracterizan por ser sensibles a la cantidad de horas de luz para florecer, en este sentido McCuistion et al. (2003) manifiestan que los sorgos llamados fotosensitivos no comienzan a florecer hasta que la duración del día sea inferior a las 12 horas y 20 minutos aproximadamente. Debido a esto, en estas latitudes prolongan su ciclo vegetativo y no florecen o lo hacen muy tarde en su ciclo, hacia fines de marzo- abril (Kent, 2019). Esta particularidad ofrece ventajas en el pastoreo, ya que permite flexibilizar el momento de utilización, pastoreando una planta menos encañada y mayor digestibilidad (Cicchino y Otondo, 2019).

Di Buo (2010) afirma que los sorgos híbridos Fotosensitivos son materiales mejorados para retrasar su entrada en floración hasta 120 días y algunos no florecen. Al no florecer, no encaña, lo cual es una ventaja con respecto al tipo sudán, ya que brinda hasta 50 días más de pasto verde de buena calidad, porque siguen produciendo hasta las primeras heladas.

Debido a la prolongación del periodo vegetativo logran alcanzar alturas de 4 metros. Poseen alto contenido de azúcares solubles en tallo y un alto stay-green (característica de permanecer verde, senescencia demorada) (Schild, 2012).

La limitante en condiciones de pastoreo de estos materiales según Carrasco et al. (2011), es que presentan intermedia a baja capacidad de rebrote y baja calidad de los rebrotes, pero como ventaja presentan alta calidad en el primer pastoreo y alta producción de forraje.

Tranier y Mayo (2014) afirman que los materiales de sorgo fotosensitivo tienen buena aptitud en el pastoreo directo y son los que generan el mayor volumen de forraje. En cambio, no son materiales muy adaptados para ensilaje por su alto contenido de agua al momento del picado (Kent, 2019).

Cuadro No. 3 Producción de MS (kg/ha) de sorgo fotosensitivo Cv. Green supremo

Material	Época 1 (kg MS/ha)	Época 2 (kg MS/ha)
Green supremo	11739	6603
Sorgo forrajero*	12712	9535

*Valor promedio de evaluación de cultivares (incluye materiales BMR y no BMR). **Fuente:** Vilaró (2007).

En el cuadro 3 se observan los resultados de producción de forraje del cv. Green supremo en comparación al promedio de los materiales en evaluación. Fue la misma zafra y en las mismas condiciones mencionadas para el cv. Talismán BMR

El sorgo fotosensitivo Green supremo presenta valores de producción por debajo de la media para la zafra 2006/07, tanto en la época 1 como en la época 2, también se puede observar que la época de siembra más temprana (octubre) fue la que presentó mayor producción de MS, y se diferenció menos del promedio (8% inferior) comparado con la época más tardía (diciembre), donde la producción es menor y la comparación con el promedio muestra que es 31% inferior.

González (2013) obtuvo resultados donde, si bien la producción de material verde del sorgo fotosensitivo no fue mayor al promedio de los experimentos, la mayor cantidad MS expresada como % de estos materiales resulta en una mayor producción total de MS/ha del green supremo en relación al promedio (17245 vs 15633).

En cambio, Barbera y Benítez (2016) en un experimento realizado en INTA Mercedes no encontraron diferencias significativas entre la biomasa acumulada en pastoreos y aprovechamiento de forraje entre los materiales de sorgo fotosensitivo y los tradicionales. Además, si bien no fue significativa, la diferencia numérica fue a favor de los materiales tradicionales. La producción total también fue menor para los materiales fotosensitivos vs los materiales sin esta característica (8843 vs 10988 kg MS/ha.).

McCuistion et al. (2011), comparando resultados de sorgo BMR y Fotosensitivo en 2 años de evaluación manifiestan que los materiales fotosensitivos fueron los que acumularon menos forraje en el primer pastoreo. En este sentido Bushland, citado por McCuistion et al. (2011), alega que parece ser que los materiales fotosensitivos acumulan forraje más lento que el resto de las variedades al principio del ciclo.

Los cultivares Green supremo fotosensitivo presentan las siguientes características:

Cuadro No. 4 Características del cv. Green supremo

Tipo	Forrajero-silero
Ciclo	Largo
Días a floración	100-110
Altura de planta (cm.)	320-340
Tolerancia a quebrado	Excelente
Tolerancia a vuelco	Excelente
Relación hoja/tallo/Panoja (%)	12-75-13
Producción de grano	Media
Contenido de azúcares en tallo	Muy Alto
Palatabilidad	Muy buena
Digestibilidad	Muy buena

Fuente: tomado de Procampo (s.f.b)

2.2 PASTOREO

2.2.1. Manejo del pastoreo

Hodgson (1979) creó una nomenclatura general para establecer con claridad conceptos a la hora de hablar del proceso de pastoreo. En esta, definió al pastoreo como la eliminación total o parcial de la superficie de la planta por el consumo del animal.

El manejo del pastoreo es una acción de bajo o nulo costo, que determina una manipulación del pastoreo para lograr un objetivo determinado en el sistema de producción. El mismo influye tanto en la producción, utilización y estructura de la pastura, como en el comportamiento del animal en pastoreo.

Las medidas de manejo a aplicar, incluyen la elección del método, frecuencia, intensidad, presión de pastoreo y/o asignación de forraje.

En este sentido, Oyhamburu et al. (2018) sostienen que el manejo del pastoreo implica controlar tanto la pastura como el animal, y apunta a considerar factores como el tipo de animal, la carga animal, la cantidad de biomasa aérea por superficie, asignación de forraje por animal y el método de pastoreo como los más necesarios a la hora de planificar un manejo.

Lombardo (2012) afirma que el objetivo principal del manejo del pastoreo es poder maximizar la producción animal sin degradar los recursos, y para lograrlo cree que un equilibrio entre el aprovechamiento de forraje y la producción individual es fundamental.

Gregorini et al. (2007) se refieren al pastoreo intermitente como aquel que presenta períodos de descanso entre defoliaciones sobre un número definido de parcelas, siendo denominado comúnmente como pastoreo rotativo. El tiempo de ocupación del potrero será mayor o menor según la carga animal instantánea utilizada y la disponibilidad de forraje (Oyhamburu et al., 2018).

Reinosso y Soto (2006) alegan que las ventajas del pastoreo rotativo son permitir que la planta recupere sus reservas con un adecuado rebrote. Los mismos autores, mencionan que si el descanso es corto disminuye la producción de la pastura, pero si es muy largo lleva a una pérdida de calidad por encañado y senescencia foliar.

2.2.2. Pastoreo de Sorgo Forrajero

El sorgo forrajero presenta la particularidad de tener un crecimiento inicial muy rápido, que genera que los sorgos se “pasan”, pierden calidad y disminuyen su producción (Gallarino, 2008). Por este motivo, el manejo del pastoreo habitualmente efectuado sobre este verdeo, no permite sacar provecho del potencial productivo de la especie. Es así que Carámbula (1977) manifiesta que comúnmente son sembrados en grandes extensiones, con baja dotación y pastoreos tardíos, manejo que provoca pasturas heterogéneas y gran pérdida de forraje tanto en cantidad como calidad.

Un manejo correcto comprende altas dotaciones en superficies limitadas, de tal forma que el ganado utilice el forraje disponible en el menor tiempo posible (Carámbula, 1977), permitiendo que no se produzcan zonas de

sobrepastoreo y a la vez, zonas sub pastoreadas, dentro del mismo potrero (Coria et al., 2009).

Si bien lo recomendado es manejar cargas altas para aumentar la utilización, Vaz Martins (2003) manifiesta que la alta utilización con cargas elevadas, se obtiene a expensas de una menor ganancia individual y menor capacidad de rebrote de la pastura.

Para controlar el pastoreo en sorgo forrajero Demanet y Canales (2020) recomiendan ingresar con alturas mayores a 60 cm, dejando un remanente de 10 y 15 cm. Fundamentan estos criterios, expresando que ingresos con alturas menores puede generar problemas de intoxicación de glucósido cianogénico, y que remanentes menores pueden dificultar la capacidad de rebrote de las plantas.

Fassio et al. (2002) recomiendan ingresar a pastorear cuando la altura del sorgo alcance los 70 cm y agrega que para la mayoría de las variedades de sorgo dicha altura se logra aproximadamente 30 días post siembra.

Holt, citado por Carámbula (2007) afirma que el crecimiento foliar alcanza su máximo cuando la planta llega a una altura de 75 cm, lo cual indicaría que el crecimiento luego esa altura, estaría dado principalmente por el desarrollo de los tallos, generando una fuerte caída de la calidad del material ofrecido (Lus, 2020). Además, alturas mayores en pastoreo provocan altas pérdidas de forraje debido al vuelco y pisoteo de plantas (Ayala et al., 2010).

Coria et al. (2009) recomiendan una altura de 15-20 cm de remanente como medida de buen manejo y siempre que se pueda, emparejar el corte con una desmalezadora. Esto último estimula un rápido rebrote y mucho más parejo, de otra forma será dificultoso decidir el momento del siguiente pastoreo, por la desuniformidad que presentará el material remanente (Gallarino, 2008).

En cambio, Berlangieri (2008), observó que cuando los tallos no son cortados, la cantidad de yemas axilares es mayor, generando un rebrote más rápido y menos costoso en términos energéticos que el rebrote a partir de yemas basales de las plantas con tallos cortados.

Los rastrojos deberían permanecer siempre con un área foliar adecuada y activa, lo cual permitirá un rebrote rápido independiente en gran parte de las reservas de las raíces, permitiéndole a la planta mayor capacidad de extracción de agua (Carámbula, 2007).

El manejo del pastoreo tiene un rol fundamental, no solo para aumentar la producción, utilización del forraje y obtener adecuadas ganancias de peso, sino que también porque el sorgo forrajero presenta compuestos tóxicos (HCN)

de defensa al pastoreo, que pueden determinar problemas sanitarios en el animal.

Bretschneider et al. (2008) manifiestan que el rol del HCN en las plantas no es completamente conocido, pero que existe evidencia que indicaría que este compuesto actuaría como un mecanismo de defensa de las plantas contra las enfermedades y la depredación por insectos y otros herbívoros, como por ejemplo, el ganado. Por otro lado, se demostró que la palatabilidad de las plantas productoras de HCN disminuye a medida que aumenta la concentración de este compuesto en las mismas.

En estados juveniles de las plantas (con menos de 50 cm) este compuesto se encuentra en altas concentraciones en sorgo forrajero. Si ocurre pastoreos en estas condiciones Demanet y Canales (2020) sostienen que este compuesto se desdobra y transforma en ácido cianhídrico, compuesto tóxico de rápida acción que al ingresar en el torrente sanguíneo inicia un proceso de inhibición del consumo de oxígeno, provocando la muerte de los animales por asfixia.

Otros factores a tener en cuenta son el nivel de estrés que presenten las plantas, la variedad o híbrido, la mayor o menor avidez de los animales para comer, etc. Por lo tanto, las medidas a tener en cuenta son: evitar el pastoreo de los rebrotes jóvenes, esperando que las plantas alcancen una altura de 50-60 cm., retirar los animales luego de una lluvia por el rápido rebrote del sorgo que se produce, y evitar dejar una altura de rastrojo menor a 15 cm. (MGA. CIAAB, 1974).

Según Robson (2007) los signos de envenenamiento por este agente tóxico generalmente ocurren entre 15 y 20 minutos después de que se consume la toxina. La muerte ocurre muy rápidamente, aproximadamente 2 a 3 minutos después del inicio de los signos clínicos en los casos hiperagudos, y dentro de 1 a 2 horas en los casos agudos. Esto evidencia lo importante que es conocer su rol dentro de las plantas y las condiciones en la que se esperan mayores problemas, para poder controlarlo a través del manejo.

Los animales rumiantes son más susceptibles a la intoxicación por ácido prúsico que los animales monogástricos. El pH más bajo en el estómago de los monogástricos ayuda a destruir las enzimas que convierten los glucósidos cianogénicos en ácido prúsico (Robson, 2007).

A todas las medidas de manejo recomendadas, hay que sumarle un monitoreo frecuente de las condiciones ambientales y del crecimiento del cultivo, esto se recomienda para tomar medidas si se dan condiciones de estrés como se mencionó anteriormente, o también porque el crecimiento del sorgo

forrajero está estrechamente relacionado con las lluvias de verano. Si se presentan condiciones de humedad y alta temperatura, Gallarino (2008) menciona que el índice de crecimiento del sorgo es muy alto y si no se toman decisiones en cuanto a los cambios de los animales, los cortes para conservación y la eliminación de cañas remanentes con una desmalezadora, puede fallar la planificación.

2.2.3. Factores que afectan el comportamiento animal en pastoreo

Comportamiento es la expresión de los cambios que se producen tanto dentro como alrededor del animal, en respuesta a ambientes externos e internos, eventos o procesos; conformándose como una mezcla de componentes innatos o heredados y adquiridos.

Los animales en pastoreo muestran durante el día un patrón básico de comportamiento caracterizado por la alternancia entre pastoreo, rumia, descanso e interacciones sociales (Arnold y Dudzinski, 1978).

2.2.3.1 Factores Abióticos

Los patrones de distribución de pastoreo se ven afectados por factores abióticos como la pendiente y la distancia al agua, los cuales son los principales determinantes de los patrones de distribución a gran escala y actúan como restricciones dentro de las cuales operan los mecanismos que involucran factores bióticos (Bailey et al., 1996).

Según Bignoli (1971) el traslado diario animal ronda entre 2 a 3 km, mayormente de día, aumentando el tiempo y las extensiones recorridas cuando más grande es el tamaño del potrero y menor cantidad y calidad de forraje tiene la pastura. Durante el proceso de pastoreo, se incluyen 3 a 4 visitas al bebedero por día (Parga et al., 2007), y se ha determinado que el ganado prefiere no pastorear a más de 2-2.5 km de distancia del agua (Hardoy y Danelón, 1989).

La caminata del animal durante el pastoreo diario o el desplazamiento en el potrero hacia las fuentes de agua representan un gasto de energía. La distancia que el ganado recorre en el día varía tanto dentro de un día como entre días, y la disponibilidad y acceso a las fuentes de agua determina cuán extensivo puede ser cada episodio de pastoreo, ya que el consumo de materia seca está estrechamente relacionado con el consumo de agua (Miranda et al., citado por Polanía et al., 2013).

Hart et al., citados por Bailey et al. (1996), mostró que la disminución del tamaño del potrero y de la distancia al agua fueron más importantes para mejorar los patrones de utilización de forraje que implementar sistemas intensivos de pastoreo rotativo.

Otro factor que influye sobre la utilización del forraje es la presencia de alambrados, ya que los animales pastorean con máxima intensidad una faja alrededor de estos, y el uso va disminuyendo hacia el centro del potrero (Hardoy y Danelón, 1989).

Uruguay presenta condiciones de clima templado y existe potencial de estrés calórico en los animales en pastoreo durante el verano de acuerdo al Índice de Temperatura y Humedad Relativa (ITH), que aumenta la proporción de energía destinada a mantenimiento, reduciendo la energía metabólica disponible para ganancia de peso (Cantou et al., 2009). Además, el incremento de la temperatura corporal provoca una depresión del grado de metabolismo asociado con la reducción del apetito (Roca Cedeño, 2011).

Suárez et al. (2012) afirman que la temperatura, humedad relativa y radiación solar, tienen una correlación negativa con el tiempo de pastoreo y positivo con el tiempo de rumia, y que la velocidad del viento tiene una correlación positiva con el tiempo de pastoreo y negativo con el tiempo de rumia. Además agregan que la radiación solar fue el principal factor ambiental que tuvo influencia en el consumo.

Dependiendo del microclima donde se encuentre la vaca existe un intervalo de temperatura que le permite producir con un esfuerzo termoregulatorio mínimo, al mismo se lo denomina zona de confort térmico. La zona de termoneutralidad (neutralidad térmica), corresponde a un rango de temperatura de 10-25 °C e ITH menores a 72 (Márquez et al., 2015).

En cambio, Josifovich, citado por Rovira (2002), plantea que el confort térmico se encuentra en un rango un poco inferior de temperaturas (5-20 °C), manifestando que dentro del mismo el consumo y ganancias diarias de peso vivo de terneros y novillos no resultan afectadas por la temperatura. En climas tropicales y subtropicales, los rumiantes se dedican a pastorear después de la salida del sol, en la noche tienden a acostarse y reducen su movilidad durante el día (Silanikove citado por Roca Cedeño, 2011). Los animales concentran las actividades de pastoreo en horas de la mañana y la tarde, debido al mayor confort térmico que se presenta en estas horas del día, por el contrario el tiempo de rumia se concentra en las horas más calurosas, entre las 10:30-15:00 (Suárez et al., 2012).

Barragán et al. (2018) evidenciaron que las condiciones de estrés calórico (alto ITH) modificaron la conducta de pastoreo mediante la disminución del tiempo de cosecha de forraje y el incremento del descanso. En este experimento, aunque se utilizaron animales termo-tolerantes adaptados a condiciones del trópico, se evidenció que el ambiente afectó el comportamiento, lo cual indica que a pesar de ser animales adaptados, hay posibilidades de mejorar las conductas de pastoreo ofertando sombra natural.

El fotoperíodo también es un factor importante en el patrón de pastoreo animal. Según Gregorini et al. (2006), una reducción en las horas de luz del día genera un menor número de sesiones de pastoreo, pero un aumento en la duración de cada una de ellas. En cuanto al patrón diario de pastoreo, los autores manifiestan que aunque los rumiantes pueden tener una gran motivación para buscar alimento al amanecer, este pastoreo normalmente es de menor intensidad y duración que el pastoreo al atardecer.

Mismos resultados se obtuvieron en experimentos realizados por Chilbroste et al. (2007) en climas templados, donde se observó que el patrón básico de comportamiento de los animales está asociado al fotoperíodo y marca tres o cuatro sesiones de pastoreo a lo largo del día. En vacas lecheras las sesiones más largas e intensas de pastoreo ocurren en la tarde, conformando cerca del 80% del pastoreo durante las horas de luz (Rook et al., citado por Chilbroste et al., 2007).

2.2.3.2 Factores Bióticos

Durante cada pastoreo, las vacas deben buscar, seleccionar y cosechar su alimento, el que colectan bocado a bocado mientras caminan lentamente recorriendo la pradera (Parga et al., 2007). Conocer el patrón de conducta espacio-temporal animal frente a cambios en la oferta de forraje, permite identificar los niveles que permitan maximizar el consumo de forraje minimizando el gasto energético de pastoreo, y obtener elevados niveles de producción por unidad de superficie (Scarlato, 2011).

Según lo mencionado por Gibb (2006) existen demandas competitivas de tiempo entre la ingesta, rumia y descanso, esto lleva a que en aquellos animales que no lleguen a compensar la ingesta de corto plazo con el aumento de la tasa de bocado en situaciones de baja disponibilidad de forraje, se provoque una reducción en la ingesta.

Cantaro (2018) manifiesta que cuando las pasturas tienen una mayor disponibilidad, digestibilidad y menor contenido de fibra, las vacas en pastoreo pasan menos tiempo del día comiendo y caminando, y un mayor tiempo descansando.

En este sentido, Lombardo (2012) afirma que la calidad del forraje cosechado depende en gran parte de la posibilidad de seleccionar que tengan los animales, y agrega que cuando el animal dispone de más pasto, tiene mayor posibilidad de seleccionar lo que consume, eligiendo hojas y componentes vivos, y rechazando tallos y material muerto.

Entre otros factores, la selectividad varía en relación a la especie animal, tipo de comunidad vegetal, intensidad de pastoreo, estación del año y el sistema de pastoreo.

La selectividad puede afectar las variables del comportamiento ingestivo. Se asume que cuando el animal pastorea, busca los sitios de alimentación mientras camina, donde selecciona unos y rechaza otros (Cangiano, 1996). La selección de sitios de alimentación está influenciada por procesos cognitivos donde el aprendizaje y la memoria tienen un rol importante (Bailey et al., 1996) ya que luego de la ingestión de un alimento las propiedades sensoriales de preferencia y aversiones condiciona la selección del alimento a futuro (Forbes y Provenza, 2000). El objetivo del consumo selectivo parece ser el obtener la máxima calidad y una adecuada cantidad de alimento (Velásquez, 2005), por esto los animales prefieren hojas a tallos, leguminosas a gramíneas y material verde a material muerto (Hardoy y Danelón, 1989). El tiempo de búsqueda dependerá de la velocidad de traslado, de la cantidad de sitios de alimentación por unidad de superficie y de la selectividad (Cangiano, 1996).

En sorgo forrajero, Carámbula (2007) afirma que si los pastoreos se realizan luego de que las plantas encañen, la selección de los animales actúa, consumiendo solamente las hojas y dejando un rastrojo formado por tallos que dificulta el rebrote. De igual manera, Berlangieri (2008) afirma que los animales seleccionan al consumir, principalmente hoja, lo que explica que tanto en tratamientos altos como en bajos la cantidad de forraje remanente esté compuesta en mayor medida por tallos, así como que la relación H/T del forraje desaparecido sea superior a la encontrada en el forraje disponible.

En cuanto al comportamiento interno del animal, hay una relación entre el pastoreo, la producción de heces y orina y el consumo de agua. Los animales consumiendo pasturas con mayor cantidad de hojas defecan más a menudo que aquellos que lo hacen en pasturas más viejas, en pasturas muy tiernas se pueden perder muchos nutrientes por una alta tasa de pasaje y la producción

de heces muy líquidas. En cuanto al agua, en verano las vacas consumen unos 20 litros por día, con variaciones pronunciadas entre animales, además de los 40 litros de agua vinculados al forraje consumido (Bignoli, 1971).

2.3 PRODUCTIVIDAD ANIMAL EN PASTOREO

Cangiano (1996) afirma que la producción animal en pastoreo es un balance entre los requerimientos de nutrientes y el consumo del animal. Además, el autor plantea que, si bien existe una relación entre la oferta de forraje y el consumo, para aumentar la oferta hay que disminuir la carga, lo que reduce la utilización de la pastura y puede llevar a una menor producción/ha.

Jones y Sandland, citados por Del Pozo (2004) mencionan a la carga, como la variable más importante en el manejo que determina la productividad por animal y por área, afectando principalmente la disponibilidad y consumo de forraje, el cual genera cambios en la estructura y composición química de la planta, repercutiendo esto en su fisiología.

Cuando la carga es baja, la producción por animal es alta. Aumentos sucesivos en la carga provocan a partir de determinado momento, disminuciones en la ganancia individual. Esto se debe a que el forraje disponible comienza a limitar el consumo por animal y a incrementar la actividad del pastoreo por unidad de forraje consumido. La producción por hectárea aumenta dentro de cierto rango debido a que la tasa de incremento en la carga es mayor que la tasa de disminución en la producción por animal. Luego, la producción por hectárea también desciende, a causa del marcado descenso en la producción por animal (Mott, 1960), cuando las condiciones son tales que la selectividad se ve severamente limitada y se restringe el consumo individual (Cubillos y Mott, 1969). Esto significa que hay una correlación negativa entre la carga animal y la ganancia por individuo y se debe a que al disminuir la carga aumentan las posibilidades de selección de un forraje de mayor valor nutritivo (Almada et.al., 2007).

Sin embargo, Scarlato (2011) manifiesta que, en ambientes con alta variabilidad en la producción de forraje, la carga animal fija genera cambios en la oferta de forraje que afectan la performance animal. Según el autor, la oferta de forraje constituye una herramienta útil para regular los procesos de crecimiento de forraje y su utilización por parte de los herbívoros.

A medida que se incrementa la cantidad de animales por unidad de superficie (potrero, parcela) la cantidad total de forraje cosechado será mayor.

En una primera etapa cada animal individual podrá satisfacer todos sus requerimientos; en una segunda cada individuo podrá ingerir cantidades decrecientes a pesar de que la eficiencia de cosecha seguirá en aumento; y en una tercera etapa la cantidad de animales alcanzará un número tal que ya entrarán en ayuno, pues la eficiencia de cosecha ha sido tal que no queda nada más para comer. A medida que aumenta la eficiencia de cosecha cada individuo tiene a disposición una cantidad menor y a su vez de menor digestibilidad y calidad (de Villalobos, 2002).

El término eficiencia de cosecha mencionado anteriormente, Fertig (2006) lo define como la cantidad de pasto que consumen los animales, de lo que tienen disponible en el campo, y afirma que en general sus valores rondan entre 50-60 %.

Quinodoz (2012) plantea que los productores muchas veces hablan de que el sistema es ineficiente por cosechar el 50% del pasto producido y que sería buena meta cosechar el 70%, pero reflexiona que estos no toman en cuenta que un aumento en la cosecha puede generar sobrepastoreo, afectando la capacidad de rebrote de la pastura y reduciendo la eficiencia de conversión.

Hodgson (1990) define eficiencia de conversión como la relación entre el producto animal obtenido y el forraje consumido. Di Marco (2006) coincide con esto, afirmando que la eficiencia de conversión es la cantidad de alimento por unidad de ganancia de peso, pero también lo expresa como los gramos de ganancia que permite un kilogramo de alimento.

2.3.1 Consumo en pastoreo

Oyhamburu et al. (2018) sostienen que cuando las condiciones ambientales, genéticas y sanitarias no varían, la cantidad de alimento consumido es el principal factor que determina la productividad, seguido por la cantidad de nutrientes digestibles presentes y la eficiencia con que esos nutrientes son utilizados y transformados en productos.

Carvalho et al. (2009) mencionan que el consumo de forraje constituye la principal determinante de la productividad animal en pastoreo. En este sentido Sollenberger y Vanzant (2011) mencionan que la cantidad de forraje consumida explica entre 60 a 90% de la ganancia media diaria cuando es alto el rango de disponibilidades de forraje, y que la calidad es un factor que toma mayor relevancia cuando la cantidad ofrecida es alta, explicando en estas situaciones más del 50% de la ganancia.

Concordantemente con lo mencionado anteriormente Ungar (1996) afirma que el consumo de alimento es el que determina principalmente la productividad, y según las características del pastoreo empleado serán los cambios que van experimentar las pasturas tanto en estructura como en producción de forraje.

El consumo de forraje por parte de animales en pastoreo está determinado por factores relacionados con el animal, la pastura, el manejo y el ambiente. Con respecto al animal, la edad, el peso, el estado de preñez o de lactancia, el nivel de producción y la condición corporal; con respecto a la pastura, la digestibilidad, la composición química, las especies, la cantidad de forraje y madurez; con respecto al manejo, la cantidad de forraje por animal y por día, la suplementación, la fertilización y el sistema de pastoreo; y, con respecto al ambiente, la temperatura, la humedad, el fotoperíodo, la velocidad del viento, etc. (Cangiano, 1996).

Según lo mencionado por Poppi et al. (1987), la relación entre el consumo en pastoreo y la disponibilidad de pasto para un animal, presenta una curva de respuesta con una zona creciente en la medida que aumenta la disponibilidad y otra zona asintótica. En la zona creciente los factores que determinan el consumo son los llamados “No nutricionales”, donde se incluyen la estructura de la pastura y el comportamiento animal. En la zona asintótica los factores que determinan el consumo son “Nutricionales”, dentro de los cuales el valor nutritivo del forraje es el principal determinante.

2.3.1.1 Factores no nutricionales que afectan el consumo

Los factores no nutricionales que afectan el consumo son el comportamiento ingestivo y la estructura de la pastura.

En cuanto al comportamiento ingestivo, involucra el consumo de alimento o sustancias nutritivas tanto sólidas como líquidas, donde cada una de las especies tiene su particular comportamiento. El patrón de pastoreo en bovinos está correlacionado con la carencia de incisivos. La vaca envuelve la lengua alrededor del bocado de pasto, y mueve la cabeza hacia atrás, de modo que el pasto es cortado por los dientes inferiores (Petryna y Bavera, 2002).

Galli et al. (1996) afirman que Hancock fue el primero en considerar al consumo diario de forraje por un animal en pastoreo como el producto de 3 variables que afectan su comportamiento ingestivo: peso del bocado (g), tasa de bocado (bocados por minuto) y tiempo diario de pastoreo (minutos por día). El número y peso de los bocados son sensibles a características de la pastura,

como la altura, cantidad o densidad de forraje (Hess y Lascano, 1997). El peso de bocado es el factor que tiene mayor influencia en el consumo, la tasa de consumo y el tiempo de pastoreo son variables compensatorias (Forbes, 1988).

Cangiano (1996) afirma que un animal en pastoreo debe tener la capacidad de modificar su comportamiento ingestivo en respuesta a cambios en la estructura de la pastura, para mantener niveles adecuados de consumo.

Galli y Cangiano (1998) sostienen que la respuesta de la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo al peso del bocado generalmente es negativa ya que el animal compensa en un intento de mantener el consumo diario, y opinan que esto puede ser cierto para el tiempo de pastoreo, pero que la relación inversa entre la tasa y el peso del bocado puede ser explicada por los mecanismos de pastoreo más que por un proceso voluntario.

En cuanto a lo mencionado anteriormente Galli et al. (1996) manifiestan que la tasa de bocado generalmente tiende a disminuir con el incremento de la altura o biomasa a medida que aumenta el peso del bocado, debido a que la relación entre los movimientos de aprehensión y mandibulares totales aumenta a medida que crece el peso del bocado. Por lo tanto, la variación en la tasa de bocado es una respuesta directa a modificaciones en la pastura, más que a un intento del animal por compensar una variación del peso del bocado.

Chilibroste et al. (2015) afirman que altas asignaciones de forraje promueven un alto peso de bocado y tasa de consumo, pero disminuye la utilización de la pastura y promueve un aumento en la proporción de material senescente en la misma. Bajas disponibilidades de forraje obligan a los animales a buscar durante más tiempo, para intentar llenar los requerimientos de MS, aumentando el tiempo de pastoreo (Solfanelli, citado por Suárez et al., 2011). En pasturas que ofrecen bocados pequeños el tiempo de búsqueda de alimento es la principal limitante, mientras que en aquellas que ofrecen bocados más pesados la limitante es el tiempo de masticación (Cangiano, 1996).

No solo es importante la asignación, sino que también lo es la estructura del forraje asignado, en este sentido Stobbs, citado por Chacón (2011) afirma que una alta disponibilidad de hojas en la MS provoca que aumente el peso de bocado, disminuya el tiempo de pastoreo, y la selección de estas estructuras permite altos consumos de energía y nutrientes. En pasturas tropicales la densidad de las hojas y la relación hoja:tallo tienen mayor influencia en el tamaño de bocado que la altura (Forbes, 1988). En situaciones de muy escasa disponibilidad de forraje, el animal puede compensar una disminución en la tasa de consumo, incrementando el tiempo de pastoreo y de

esa manera mantener el consumo diario. Sin embargo, dado que esta capacidad del animal es limitada, una restricción en la tasa de consumo es probable que afecte el consumo diario (Benvenuti y Cangiano, 2011), al competir el pastoreo con otras actividades como rumia y descanso, determinando reducciones en el consumo total de forraje (Gibb, 2006).

Experimentos de Hess y Lascano (1997) en pastoreo de gramíneas muestran resultados donde el peso de bocado fue diferente entre épocas lluviosas y secas, donde observaron que la selección de forraje fue principalmente de hojas verdes del estrato superior en épocas lluviosas, y en la época seca la selección fue en los estratos inferiores de la pastura. Generalmente en pasturas tropicales la densidad de forraje es mayor en los estratos inferiores que en los superiores y el peso de bocado está correlacionado positivamente con la densidad (Stobbs, citado por Hess y Lascano, 1997).

Respecto a la estructura de la pastura Galli et al. (1996) manifiesta que se puede describir a través de la biomasa aérea, la altura, la cobertura y la densidad de forraje en los distintos estratos. Variaciones en cualquiera de estos factores afectan el área, la profundidad y el peso del bocado, así como la tasa de consumo.

Wade y Agnusdei (2001) comparando sistemas de pastoreo continuo y rotativo, afirman que previo a la defoliación y aplicación del método, las gramíneas en estado vegetativo tienen las láminas en el estrato superior de la pastura y las vainas en el inferior. Además, considerando la estratificación vertical de la defoliación y su dependencia de la presión de pastoreo en uno y otro sistema, los autores deducen que en el caso del pastoreo rotativo, aumentar la presión de pastoreo ampliará la proporción de vaina ingerida, en caso del continuo el consumo consistirá principalmente en hojas.

Oyhamburu et al. (2018) afirman que la distribución vertical de la biomasa de las pasturas no es uniforme, y que en el horizonte superficial de pastoreo las gramíneas tienen una menor densidad (20-30%) que las leguminosas como alfalfa (50%). Además, recalca que esto demuestra la importancia de describir los horizontes inferiores donde el animal puede, en ciertos casos, concentrar su pastoreo.

Gabard y Russi (2005) observaron para sudangras que el manejo con mayores alturas de remanente, provocaba un aumento en el peso específico de los tallos, fundamentales para los rebrotes por ser estructuras de reserva de carbohidratos, además de disponer de un mayor número potencial de yemas para el posterior crecimiento. En cambio, estas estructuras son limitantes para

el consumo animal, notando menor utilización de los mismos en las situaciones donde había mayor capacidad de selección.

2.3.1.2. Factores nutricionales que afectan el consumo

El factor nutricional que afecta el consumo está referido principalmente al valor nutritivo del forraje.

El valor nutritivo debe reflejar la capacidad del forraje de satisfacer los requerimientos de un animal para un objetivo de producción particular y la mejor manera de expresarlo es a través de la producción animal obtenida cuando la pastura es ofrecida al animal (Trujillo y Uriarte, 2011).

INIA (2018) define el valor nutritivo de un forraje como el resultado de tres factores: consumo por el animal, digestibilidad y la eficiencia con que el animal utiliza el forraje.

Church (1984) afirma que el principal factor que afecta el valor nutritivo de la pastura es la reducción en la digestibilidad y la tasa de digestión, que están reflejados en una disminución del consumo voluntario.

En este sentido INIA (2018) manifiesta que la digestibilidad es el parámetro del valor nutritivo más fácil de medir, y que presenta una correlación positiva con el consumo voluntario. En el mismo trabajo, definen digestibilidad como la fracción de un alimento consumido que no es eliminado y por tanto queda disponible dentro del animal para cumplir con las funciones de mantenimiento, producción y reproducción. Algunos factores que afectan la digestibilidad de los forrajes son: su estado de madurez, el nivel de procesamiento que tienen y su composición química.

Los laboratorios de análisis poseen diversos métodos de evaluación o estimación del valor nutritivo, dentro de los cuales se encuentran los métodos físicos y los químicos. Los métodos físicos son aquellos que estiman la composición del forraje a través del corte de los tejidos, la relación hoja/tallo, etc. Los métodos químicos analizan los nutrientes más comunes a través de los procesos y las reacciones químicas, exponiendo a los alimentos a intensas reacciones con ácidos o bases concentradas, extracción con disolventes u otro tipo de tratamientos (Cozzolino, 2002).

Composición química del forraje:

Las siguientes definiciones son extraídas de Cozzolino (2002).

Proteína cruda o bruta (PC): Expresa tanto la proteína verdadera como otros compuestos nitrogenados no proteicos. Las proteínas vegetales poseen como promedio 16% de nitrógeno. Por lo tanto $100/16 = 6.25$, es decir el factor utilizado para convertir a proteína el nitrógeno de la mayoría de los vegetales. Generalmente se calcula como $(PC) = \text{Nitrógeno} \times 6.25$. Es un parámetro limitado para la predicción de la energía productiva o disponibilidad de proteína por parte del animal.

Fibra Cruda (FC): Es el nombre que recibe el método químico para describir la porción más indigestible de un alimento. El valor obtenido por este método no refleja la cantidad real de fibra en el alimento, debido a que no evalúa adecuadamente la celulosa, hemicelulosa y la lignina.

Fibra Detergente Neutra (FDN) La fibra detergente neutra determina las paredes celulares de la planta: celulosa, hemicelulosa y lignina. Proporciona una idea del contenido de fibra total de un forraje y/o alimento. A medida que el estado de madurez de una planta avanza, se incrementa el contenido de pared celular y por consiguiente el valor de la FDN. En los alimentos y forrajes utilizados son recomendables bajos tenores de FDN, que determinan el aumento del consumo y de los nutrientes digestibles totales (NDT). Por otro lado, valores muy bajos de FDN en una ración pueden causar problemas metabólicos en los rumiantes de alta producción.

Fibra Detergente Ácido (FDA): La fibra ácida o fibra detergente ácido está constituida por lignina, celulosa, sílice, proteína cruda insoluble y cenizas. En general, está constituida por las partes menos digestibles de la planta. La FDA está asociada negativamente con la digestibilidad. En general, alimentos con baja FDA poseen buenos contenidos de energía.

Mieres (2004) manifiesta que el contenido de FDA es útil además para cálculo de los nutrientes digestibles totales (NDT), y que para su cálculo en gramíneas la ecuación adecuada sería la siguiente:

$$\% \text{ NDT} = 92,51 - (\% \text{ FDA} \times 0,7965)$$

Acosta (2004) agrega que este indicador a su vez permite tener una idea de la energía digestible (ED) que proporciona un alimento, fracción surge de descontar las pérdidas en las heces a la energía total. Se estima un valor de 4.409 Mcal de ED por kg. de NDT.

Cuadro No. 5 Composición química del sorgo forrajero y de los cv. fotosensitivo (FS) y BMR

Cultivar	MS	PB	DMS	FDN	LIGNINA	Referencias
FS	14,03	18,54	76,11	58,26	3,26	González (2013)
BMR	12,69	18,29	75,76	56,72	2,78	González (2013)
Sorgo forrajero	-	-	58,4	-	-	Pigurina y Methol (2004)

En el cuadro No. 5 puede observarse que no hay diferencias entre sorgo forrajero FS y BMR en términos de calidad. González (2013) manifiesta que esto ocurre cuando el manejo del cultivo de sorgo incluye varios pastoreos, y alega que lo mismo se observó en la campaña 2006-07.

McCuistion et al. (2011) en experimentos realizados durante 2004 y 2005 manifiestan que los cultivares BMR son los que presentan mayor digestibilidad debido a un menor contenido de lignina, también agregan que en términos de proteína ambas variedades presentan contenidos elevados debido a la etapa del ciclo en el que se encontraban (etapa vegetativa), además mencionan que el FS es quien tuvo mayor concentración de PB en el forraje, en cambio la mayor disponibilidad del BMR hizo que los kg/ha de PB no fueran diferentes entre tratamientos.

Pigurina y Methol (2004) para sorgo forrajero reportan que la digestibilidad promedio es de 58,4%, encontrando máximos a 69% y mínimos a 44,8%.

Astigarraga et al. (2014) realizaron un estudio donde comparan un sorgo BMR con sudangrás, donde constatan una superioridad del BMR en la digestibilidad del forraje, atribuida a un menor contenido de pared celular. En cuanto a producción de forraje no se encontraron diferencias entre los materiales de sorgo forrajero.

El estado vegetativo al momento del corte es determinante de los rendimientos y del valor nutritivo del sorgo, aquellos que se cortan a estados vegetativos tempranos rinden menos que los que se cortan en estados vegetativos avanzados, la madurez determina cambios en su composición química que resultan en pérdidas de su valor nutritivo a medida que la madurez progresa (Vaz Martins, 2003).

En cuanto al estado de madurez, Fassio et al. (2002) alegan que a medida que avanza, se producen reducciones en la proteína y aumento la fibra, lo que genera que también disminuye la digestibilidad. Dicha reducción de la digestibilidad con el avance de la madurez, tanto en gramíneas como en leguminosas, se debe a un incremento en el porcentaje de tallos y a una disminución de la digestibilidad de los mismos, lo que lleva a una reducción de la digestibilidad de la planta entera (Trujillo y Uriarte, 2011).

Pigurina y Methol (2004), así como Trujillo y Uriarte (2011), afirman que las pasturas muestran variaciones en la calidad dependiendo de la etapa de crecimiento en la que se encuentren, y de distintas las fracciones de la planta que presente, como hojas y tallos principalmente. También nombra como factores que producen variaciones en la calidad a las condiciones ambientales, el material genético y el manejo del pastoreo.

El contenido de proteína cruda de las gramíneas puede variar entre 3% en una gramínea tropical y muy madura hasta más de 30% en una pastura muy tierna y fertilizada. En términos generales, el contenido de pared celular está inversamente relacionado con el contenido de proteína, el contenido de celulosa suele ser de 20 a 30% de la materia seca, en tanto que las hemicelulosas pueden variar entre 10 y 30 %. Los carbohidratos solubles de las gramíneas pueden oscilar entre 2.5 y 30 % de la materia seca (Church, 1984).

En cuanto al origen de la gramínea Trujillo y Uriarte (2011) manifiestan que las gramíneas tropicales presentan en promedio menor proporción de láminas, en relación a aquellas gramíneas que son templadas, lo que les confiere un mayor valor nutritivo.

Las diferencias en la composición morfológica; proporción de tallos, hojas y panojas que poseen los distintos tipos de sorgo, así como sus características de BMR, azucarado o ambos, generan diferencias en la composición química y en consecuencia en el valor nutritivo del alimento (Carrasco et al., 2011).

Vaz Martins (2000) en un trabajo realizado en INIA La Estanzuela obtuvo resultados de que en sorgo, la digestibilidad de la MS está más relacionada con la altura de la planta y con el porcentaje de hojas y tallos que con el tiempo de rebrote y el manejo.

2.3.2 Resultados de Producción Animal Pastoreando Sorgo

A continuación, se presenta una recopilación de datos de diferentes bibliografías que llevaron a cabo similares evaluaciones de sorgo forrajero BMR y FS en pastoreo (Cuadro No.6).

Cuadro No. 6 Efecto del pastoreo de distintos tipos de sorgo sobre la performance de novillos.

Cultivar	Carga (UG/ha)	Oferta de forraje(kgMS/100kgPV)	Ganancia diaria (kg/an/día)	Productividad (kg/ha)	Referencias
BMR	3,4	9,35	0,64 - 1,10	410	McCuistion et al., citado por Cazzuli et al. (2017)
BMR	7,6	6,65	1,03	364	Berlangieri (2008)
BMR	2,82	-	0,79 - 1,08	366	McCuistion et al. (2011)
FS	3,66	7,52	0,74 - 0,96	365	McCuistion et al., citado por Cazzuli et al. (2017)
FS	3,04	-	0,85 - 0,87	341	McCuistion et al. (2011)

McCuistion et al., citado por Cazzuli et al. (2017), manifiestan que las cargas que generan mayores ganancias individuales son las expresadas en el cuadro No. 6, pero a la hora de evaluar ganancias/ha, el material FS logró los máximos a dotaciones mayores que los materiales BMR (5,7 vs 5,3).

McCuistion et al. (2003) evaluaron comparativamente por 2 años a materiales de sorgo BMR vs Fotosensitivo. En estos experimentos obtuvieron resultados donde la digestibilidad de los BMR fue mayor que la de los materiales fotosensitivos, pero los materiales fotosensitivos permitieron sostener mayor carga que los BMR. En cuanto a las ganancias individuales, los materiales BMR fueron los que presentaron mejores resultados pero no se diferenciaron en la ganancia/ha.

McCuistion et al. (2011) encontraron diferencias en ganancia individual entre materiales a favor del BMR frente al FS, y manifiestan que, si bien el BMR produjo una mayor ganancia que el FS con cargas más bajas, la variedad FS fue capaz de mantener la ganancia media diaria con cargas más altas que la BMR. Estos autores a su vez, observaron que la ganancia/ha aumentó linealmente con el aumento de la carga.

McCuistion et al., citado por Cazzuli et al. (2017), manifiestan que luego de 3 años de evaluación de los materiales de sorgo forrajero, se pudieron observar variaciones debidas a condiciones ambientales entre otras fuentes de variación, y concluyen que a medida que la carga animal aumenta, la exactitud de la predictibilidad de la performance animal se reduce.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

El experimento se desarrolló en el potrero 34 de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Paysandú, Uruguay. (32°22'29.8"S 58°03'43.4"W).

3.2. SUELO

Respecto al grupo Coneat, predomina en el área de la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía el 10.9, a pesar de ser un grupo de poca importancia en extensión. El material geológico es de sedimentos limo arcillosos, sobre materiales muy calcáreos y consolidados que corresponden a la formación Fray Bentos. El relieve es suavemente ondulado con lomadas altas de pendientes de 1 a 2 %. Predominan los suelos Brunosoles Éutricos Típicos y Lúvicos, con coloraciones pardo muy oscuras, de textura franco arcillo limosa, fertilidad alta y moderadamente bien drenados. Dicho grupo forma parte de la unidad San Manuel. El Índice de Productividad es de 149 (Vieragro Inversiones, s.f.).

La pendiente analizada mediante la herramienta Google Earth en dirección este-oeste da como resultado una inclinación promedio entre 0.9 - 1.3%, coincidentes estos valores con los mencionados para el grupo coneat.

3.3. PERÍODO Y MATERIAL EXPERIMENTAL

El período de los tratamientos se extiende desde el 26 de noviembre, día en el cual se realizó la siembra, hasta el 3 de mayo. El pastoreo comenzó el 18 de febrero, se realizaron 2 ciclos de pastoreo.

Los animales en pastoreo fueron novillos de raza Holando, los cuales se manejaron mediante pastoreo rotativo entre parcelas del mismo tratamiento.

Los materiales utilizados en pastoreo fueron Sorgo BMR (cv. Talismán) y Sorgo Fotosensitivo (cv. Green supremo). La densidad de siembra fue de 18,9 kg/ha y la distancia entre hileras de 35 cm, para ambos tratamientos.

La chacra sembrada presentaba como antecesor una pradera vieja (Festuca, Trebol Blanco y Lotus) de 7° año con renovación de Raigrás, a la cual se le aplicó Glifosato y Starane (Fluroxypyr) el día de la siembra del verdeo.

La fertilización fue realizada al momento de la siembra con 100 kg/ha de 7-40-0, no habiendo realizado re-fertilizaciones.

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental fue de bloques completamente al azar (DBCA) con parcelas divididas de aproximadamente 0,4 ha cada una, dentro de un área experimental total de 2,4 ha. Todas las unidades experimentales contaban con bebedero.

La unidad experimental es la parcela, donde se aplican los tratamientos BMR y Fotosensitivo (FS).

Modelo estadístico de la evaluación animal:

$$Y_{ij} = \mu + covP_i + t_i + \xi_{ij}$$

Siendo:

- Y = corresponde a la variable de interés
- μ = es la media general
- $covP_i$ = peso inicial (utilizado como covariable)
- t_i = es el efecto de la i -ésimo tratamiento
- ξ_{ij} = es el error experimental

El análisis estadístico se realizó mediante el programa INFOSTAT, las salidas de este programa muestran el análisis de covarianza para los parámetros estudiados. Se utilizó un nivel significación con el test de tukey al 10%.

3.5. TRATAMIENTOS

La falla en la implantación producto de la falta de precipitaciones en la época de siembra, determinaron que ciertas parcelas no fueran tomadas en cuenta a la hora de realizar las determinaciones correspondientes, quedando 6 parcelas efectivas, 2 por bloque. Eso llevó a que los 4 tratamientos planificados

inicialmente, pasen a ser 2, descartando la evaluación del manejo de remanente en la ganancia de peso.

Se evaluaron 2 tratamientos:

- 1) Producción animal pastoreando sorgo forrajero BMR
- 2) Producción animal pastoreando sorgo forrajero Fotosensitivo (FS)

A manera de diferenciar los animales de cada tratamiento, aquellos que pastorearon BMR fueron denominados Cola Larga (CL) y los que pastorearon fotosensitivo Cola Corta (CC).

3.6. CROQUIS DEL EXPERIMENTO



Figura No. 1 Representación simplificada del área experimental.

3.7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.7.1 Manejo Animal

Los animales se manejaron pastoreando exclusivamente sorgo forrajero posterior a la pesada de inicio, donde cada lote pastoreó durante todo el ciclo el tratamiento asignado al inicio. Cabe aclarar que los animales pastoreando en el segundo ciclo, no fueron los mismos que pastorearon el primero, sino que pertenecían a diferentes lotes.

Se realizaron 2 pesadas en cada ciclo de pastoreo, haciendo un total de 4 en el experimento, contando con una previo al tratamiento y una al final.

- Pesada 1: 18 de Febrero
- Pesada 2: 26 de Marzo
- Pesada 3: 12 de Abril
- Pesada 4: 3 de Mayo

3.7.2 Manejo del pastoreo

Se realizaron 2 ciclos de pastoreo sobre cada tratamiento, los cuales se detallan a continuación y la variable de respuesta fue ganancia de peso animal.

- Primer ciclo de pastoreo: 18 de febrero al 26 de Marzo
- Segundo ciclo de pastoreo: 12 de abril al 3 de Mayo

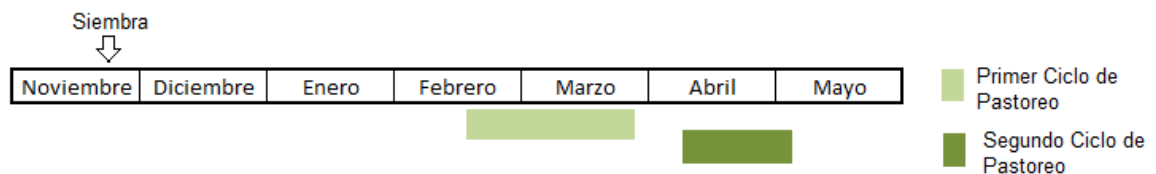


Figura No. 2 Resumen cronológico del experimento.

El manejo del pastoreo tuvo como criterio objetivo, la entrada de los animales con 90 cm de altura del pasto y como salida 40 - 60 cm.

La dotación se reguló con el objetivo de mantener una oferta de forraje similar en ambos tratamientos en el orden del 6-8%.

3.8. DETERMINACIONES REALIZADAS

3.8.1 Previo al pastoreo

3.8.1.1. Disponibilidad de forraje

Se realizó el conteo de plantas/m lineal en hileras dobles de zonas aleatorias dentro de cada parcela. De cada zona se tomó una planta, la cual fue pesada posteriormente. Con el dato de peso seco de las muestras de cada parcela, el n° plantas/m lineal y la distancia entre hileras se calculó el disponible/m² y posteriormente el disponible/ha.

Para la determinación del contenido de MS el procedimiento adoptado fue en primera instancia pesar la muestra verde, para luego secar la misma en estufa a 60 °C por 48 horas aproximadamente, pesando nuevamente la muestra seca. La relación entre ambas pesadas corresponde al contenido de MS (%).

3.8.1.2. Composición botánica

Se tomaron muestras aleatorias de plantas dentro de cada parcela a las cuales se les separó en tallo principal y vaina, láminas del tallo principal, lámina macollo basilar, vaina y tallo macollo basilar, lámina macollo axilar y vaina y tallo macollo axilar, luego se secó en estufa a 60°, lo que permitió determinar la relación entre estos componentes, y la contribución de cada componente al disponible.

3.8.1.3. Carga

La suma de las unidades ganaderas en la mitad del tratamiento ponderadas por ciclo de pastoreo, permitió calcular la carga en UG/ha para cada tratamiento.

3.8.1.4. Oferta de Forraje

Se ajustó el PV animal de cada tratamiento a la mitad de los días del ciclo de pastoreo utilizando la ganancia diaria. Utilizando el dato de disponibilidad de forraje, se calcularon los kg de forraje ofrecidos cada 100 kg de peso vivo.

3.8.2 Posterior al pastoreo

3.8.2.1. Forraje remanente

Se determinó de igual forma al especificado en el ítem 3.9.1.1. (del forraje disponible) pero posterior a la salida de los animales de cada parcela.

3.8.2.2. Composición botánica

La muestra se separó en tallo principal y vaina, láminas del tallo principal, lámina macollo basilar, vaina y tallo del macollo basilar, lámina macollo axilar y vaina y tallo del macollo axilar, luego estas muestras fueron secadas en estufa a 60°, lo que permitió determinar la relación entre estos componentes, y la contribución de cada componente al disponible.

3.8.2.3. Forraje Desaparecido

Calculado como la diferencia entre el forraje disponible previo y el forraje remanente posterior al pastoreo, ajustado por el crecimiento en el total de días del ciclo.

3.8.3. Posterior a cada ciclo de pastoreo

3.8.3.1. Ganancia Total

Es la cantidad de kilogramos (kg/há) que se produjeron en cada tratamiento a lo largo del experimento. Se calculó como el cociente entre la ganancia de todo el período y la superficie total de cada tratamiento.

3.8.3.2. Ganancia diaria individual

La ganancia de peso vivo (kg/an/día) se obtuvo dividiendo la diferencia entre el peso inicial y el final del experimento, dividido la cantidad de días que estuvo el animal en el mismo.

3.8.3.3. Eficiencia sobre producido

Corresponde a los kg forraje producidos para la producción de un kilo de ganancia animal (kg MS/kg PV), en el período en el cual se realizó el experimento.

3.8.3.4. Eficiencia sobre desaparecido

Corresponde a los kg forraje desaparecidos para la producción de un kilo de ganancia animal (kg MS/kg PV), en el período en el cual se realizó el experimento.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE

4.1.1. Temperatura

En la figura No. 3 se puede observar que la temperatura media mensual en el período experimental es similar a la registrada en el promedio histórico, donde la tendencia muestra un aumento de la temperatura promedio hasta el mes de enero y luego una caída progresiva en los meses siguientes.

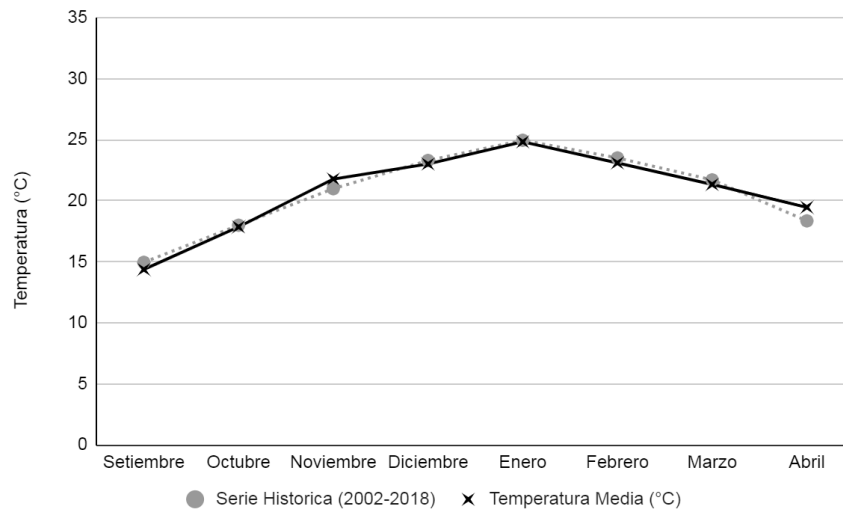


Figura No. 3 Temperatura media (°C) para el período septiembre-abril 2020/2021 y serie histórica 2002/2018 en Paysandú.

Las temperaturas medias en el período de pastoreo (febrero-abril) se encuentran dentro del rango de confort térmico planteado por Márquez et al. (2015), siendo estas levemente superiores al mencionado por Josifovich citado por Rovira, 2002 en los meses de febrero y marzo.

4.1.2. Precipitaciones

En la figura No. 4 se puede apreciar que el período experimental presentó un menor régimen de precipitaciones acumuladas comparado con los datos históricos, con excepción del mes de Abril, donde las precipitaciones se concentraron entre los días 9 y 10 de dicho mes (206 mm). En cambio el mayor déficit ocurrió durante el mes de Febrero donde el acumulado representa un 21% (40 mm) del promedio histórico (190 mm).

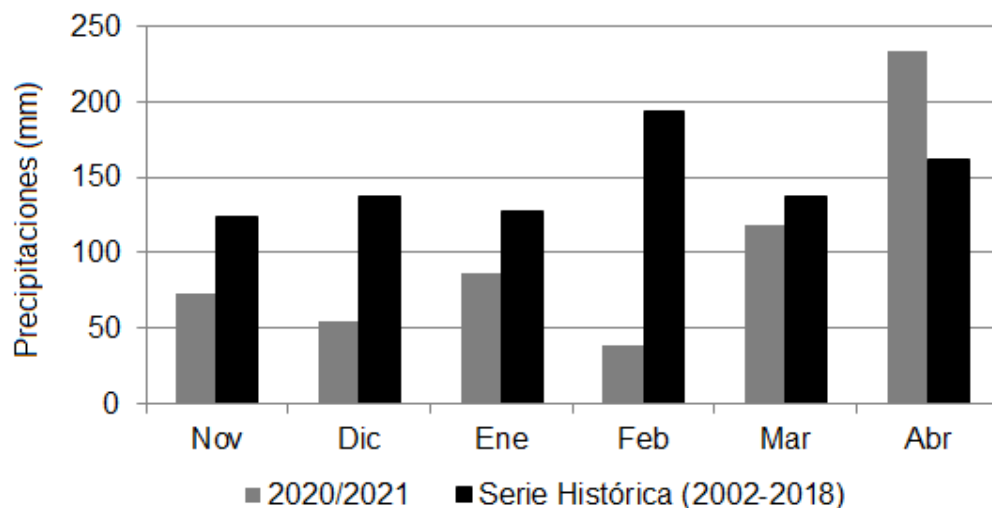


Figura No. 4 Precipitaciones ocurridas entre Noviembre 2021 y Abril 2022 comparado con serie histórica de precipitaciones de 2002 hasta 2018 para el mismo período, en Paysandú.

Detallando noviembre, mes que se realizó la siembra, se puede observar que las precipitaciones registradas se encuentran por debajo de la media histórica. La siembra se realizó el día 26, posterior a una lluvia ocurrida el día anterior (16 mm). Dos días más tarde de la siembra, se registraron precipitaciones de 50 mm, posible razón de la baja implantación lograda.

4.1.3. Balance Hídrico

Se realizó un balance hídrico de manera de cuantificar las ganancias y pérdidas de agua en el suelo desde el mes de noviembre hasta el mes de abril inclusive (Figura No. 5). Cabe aclarar, que el balance debió comenzar con el suelo saturado, pero no lo estuvo ni al momento de la siembra, ni dos meses antes de la misma, pero igualmente se comenzó el día de la siembra, a pesar de que no hubiera saturación completa de la lámina del suelo.



Figura No. 5 Agua disponible en el suelo para la estación de crecimiento del cultivo.

El balance hídrico permite observar la presencia de déficit hídrico durante gran parte del período de pastoreo. El primer ciclo de pastoreo comenzó a los 85 días post siembra, y su extensión fue hasta el día 122. El segundo ciclo de pastoreo tuvo comienzo el día 138, culminando el día 159.

Durante el primer ciclo de pastoreo, las condiciones de déficit hídrico fueron más marcadas que en el segundo. Por este motivo, además de la baja implantación, se cree que la disponibilidad del sorgo forrajero no fue tan elevada en el primer pastoreo, a pesar de que el mismo comienza a los 85 días post siembra en el primer bloque.

En el segundo ciclo de pastoreo, las condiciones se presentaron más favorables en cuanto a agua disponible en el suelo, pero eso no fue traducido en un alto crecimiento del sorgo forrajero. Este comportamiento de la pastura se puede esperar debido a que ya se encontraba finalizando el ciclo del verdeo en esa época, además que la situación de balance positivo comienza en el momento que se vuelve a pastorear, y no en el período que la parcela se encontraba descansando para rebrotar.

4.1.4. Índice de Humedad y Temperatura (ITH)

El ITH es un indicador utilizado para monitorear si las condiciones ambientales resultan estresantes para los bovinos. Si bien se expresó anteriormente el nivel de confort térmico esperado según las temperaturas medias, no deja de ser un valor promedio, y no refleja lo que ocurre en el transcurso del día, donde el ITH es una forma más precisa de evaluar el nivel de confort.

En el verano Uruguay presenta condiciones con potencial de estrés calórico por ITH elevado. Las consecuencias del estrés en animales se traducen en un aumento en la energía destinada para mantenimiento de los animales que reduce la energía destinada a ganancias de peso (Cantou et al., 2009), reducción del apetito (Roca Cedeño, 2011), y provocando un cambio en la conducta de pastoreo mediante la disminución del tiempo de cosecha de forraje y el incremento tanto del tiempo de descanso (Barragán et al., 2018) como el de rumia (Suárez et al., 2012).

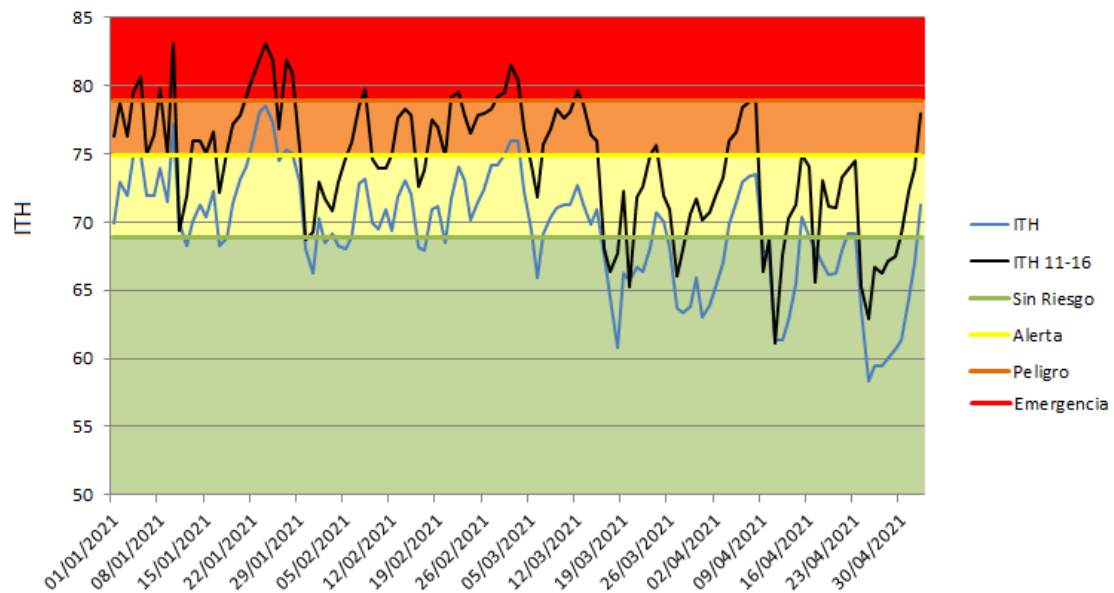


Figura No. 6 Índice de Humedad y Temperatura (ITH) desde el 1 de enero de 2021 al 3 de mayo de 2021. Se representan la curva de ITH promedio diario (Azul) y la curva de ITH promedio en el horario de 11-16 (Negro).

De acuerdo al cálculo de ITH, elaborado a partir de la ecuación de Mader et al. (2006), se puede observar en la figura No. 6 una tendencia a la

baja del ITH a medida que pasa el tiempo del experimento, aunque hay grandes variaciones debido a que la escala de tiempo es diaria. Como era de esperarse, en el rango horario de 11-16 hs los niveles de ITH alcanzados fueron superiores en todo el período en relación al promedio diario (normal, verde: <68.9; alerta, amarillo: 69-74.9; peligro, naranja: 75-78.9; emergencia, rojo: >79).

Se da inicio al análisis en enero debido a que es el momento donde se espera que comience el pastoreo de sorgo forrajero, según lo manifestado por Fassio et al. (2002), el cual afirma que se logra la altura de entrada a pastoreo 30 días post siembra aproximadamente, y coincide con el inicio del pastoreo en los experimentos realizados por Berlangieri (2008). En este caso, las condiciones hídricas afectaron la implantación y provocaron un retraso del primer pastoreo hasta la segunda mitad de febrero.

Enero, se muestra como el mes donde se esperan mayores problemas a causa del ITH. Esto se debe a que el nivel de riesgo se encuentra mayormente entre alerta y peligro en el promedio diario, y entre peligro y emergencia de las 11 a 16hs, esta afirmación concuerda con lo obtenido por Cruz y Saravia (2008) los cuales manifiestan que en Uruguay los mayores valores de ITH se encuentran en enero, aumentando desde el sur al norte en la época estival.

El ITH promedio diario, en el primer ciclo de pastoreo mostró condiciones de alerta y en menor medida sin riesgo para el animal. En el segundo ciclo de pastoreo, la tendencia fue que no se presentaban riesgos, mostrando condiciones de alerta en días particulares.

El ITH en el horario de 11 a 16, mostró que al inicio del primer ciclo de pastoreo se presentaron condiciones de peligro, culminando el mismo en estado de alerta. El segundo ciclo de pastoreo, se presentaron condiciones de alerta en gran parte del período, presentando días sin riesgo y en menor medida algunos de peligro.

Ante esta tendencia, se espera que el ITH genere mayores problemas en la performance animal en el primer ciclo de pastoreo respecto al segundo, pero esto es un supuesto y no una afirmación, debido a que las magnitudes del efecto del ITH no fueron estudiadas en el presente experimento.

4.2. PASTOREO DE SORGO FORRAJERO

La información presentada a continuación proviene de los resultados obtenidos por Blanco, Waller¹:

Cuadro No. 7 Resumen de datos de 2 variedades de sorgo forrajero en pastoreo

Variable	Primer ciclo		Segundo ciclo	
	BMR	FS	BMR	FS
Implantación (%)	35	28	-	-
Forraje Disponible(kg/ha)	4565 a	6862 a	2435 a	2632 a
Forraje Remanente (kg/ha)	1598 a	2224 a	731 a	790 a
Forraje Desaparecido (kg/ha)	2967 a	4838 a	1705 a	1842 a
Hoja(%)	29,8 a	30,8 a	34,1 a	25,4 b
Tallo(%)	70,2 a	69,2 a	65,9 b	74,6 a
Relación Hoja:Tallo	0,46 a	0,46 a	0,52 a	0,38 b
Altura del disponible (cm)	94 a	89 a	79 a	74 a
Altura del remanente (cm)	73 a	68 a	47 a	44 a
Utilización en altura (cm)	21 a	21 a	32 a	30 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

El análisis estadístico está realizado para cada variable dentro de cada ciclo de pastoreo. Para la mayoría de las variables, se puede observar que no existe diferencias significativas entre tratamientos, salvo para las variables que manifiestan los componentes de la pastura (en el segundo ciclo). Para las variables expresadas en kg/ha del primer ciclo de pastoreo, se puede ver que existen diferencias numéricas, donde el material fotosensitivo presenta una cantidad de MS 50% superior a los materiales BMR, pero el elevado coeficiente de variación que existe debido a las condiciones climáticas particulares que

¹ Blanco, R.; Waller, M. 2022. Com. Personal.

presentó el año de evaluación, no permite diferenciar los tratamientos significativamente.

4.3 PRODUCCIÓN ANIMAL

4.3.1 Carga

Como fue descrito en materiales y métodos, para cumplir con el objetivo de oferta de forraje las cargas entre ambos tratamientos y ciclos de pastoreo fueron diferentes, las cuales se aprecian en el cuadro No. 8.

Debido a las diferencias en el peso corporal inicial de los novillos entre ciclos de pastoreo (anexo No. 1 y anexo No. 2), el peso corporal se convirtió en Unidades ganaderas (UG) y la carga animal se expresó como UG/ha.

Cuadro No. 8 Carga por ha (UG/ha) de cada tratamiento promedio y por ciclo de pastoreo

Tratamiento	Primer ciclo de pastoreo	Segundo ciclo de pastoreo	Promedio *
BMR	3,6	3,0	3,4
FS	6,1	5,1	5,7

Nota: 1 UG equivale a 380 kg P.V. *Promedio ponderado por días de duración del ciclo

Las cargas instantáneas en las parcelas experimentales presentaron valores promedio de 17,5 UG/ha en el tratamiento FS y de 10,3 en el tratamiento BMR, siendo menores a las registradas por Berlangieri (2008) las cuales se mantenían entre 17 y 20 UG/ha.

En función al objetivo planteado, se puede observar que la carga se mantiene siempre superior en el tratamiento FS. En el primer ciclo de pastoreo, esta diferencia se debe principalmente a la numéricamente mayor disponibilidad de forraje del FS frente al BMR (cuadro No. 7), permitiendo una mayor dotación (5 animales/parcela en FS vs 3 animales/parcela en BMR). En el segundo ciclo de pastoreo, si bien no hubo diferencias numéricas en disponibilidad de forraje entre tratamientos, en los materiales FS la carga fue mayor.

La diferente carga entre ciclos de pastoreo, es consecuencia de la mayor disponibilidad de forraje del primer ciclo de pastoreo para ambos tratamientos (cuadro No. 7), lo cual permitió mantener cargas más elevadas que el segundo ciclo. Como se decidió usar lotes con la misma cantidad de animales en los 2 ciclos de pastoreo, el ajuste en el segundo ciclo se hizo a través de la categoría animal, manejando animales de menor peso inicial.

La carga en el presente experimento es superior a las reportadas por varios autores para el material FS (cuadro No. 6). En el caso del material BMR, la carga es similar y/o levemente superior a la manifestada por McCuistion (2011), así como McCuistion et al., citado por Cazzuli et al. (2017), pero es inferior a la reportada por Berlangieri (2008) (cuadro No. 6).

4.3.2 Oferta de forraje

La oferta de forraje (kg MS/ 100kg PV/día) son los kilogramos de pasto que se les ofrece a los animales, expresados como los kilogramos de materia seca de pasto por cada 100 kilogramos de peso vivo. Puede observarse en el cuadro No. 9 la oferta para cada ciclo de pastoreo y promedio en el total del experimento.

Cuadro No. 9 Oferta de forraje (kgMS/100kgPV) de cada ciclo de pastoreo y promedio por tratamiento

Tratamiento	Primer ciclo de pastoreo	Segundo ciclo de pastoreo	Promedio*
FS	8,2	6,4	7,65
BMR	9,3	10,0	9,72

*Promedio ponderado por días de duración del ciclo

Experimentos sobre pasturas sembradas como el de Agustoni et al. (2008) recomiendan ofertas de forraje entre 5,6 y 6,8, mientras que Almada et al. (2007) recomienda asignaciones similares, en el orden de 4,5 y 6%. Sin embargo, estos estudios son realizados sobre pasturas C3. Por otro lado, cuando el recurso forrajero en pastoreo es campo natural, experimentos realizados por Maraschin et al. (1997) ubican el óptimo en valores de oferta de forraje entre 10% PV y 12% PV.

Si bien no hay registros de experimentos que estudien la oferta de forraje óptima en pastoreo de sorgo forrajero, suponiendo que existe una

correlación entre la digestibilidad del material en pastoreo y la oferta de forraje óptima, el sorgo se encuentra en valores de 58,4% (cuadro No. 5), mientras que en pasturas con presencia de leguminosas se esperan valores de 70-72% (Portillo et al., 2021) y 51,8% en el campo natural (Ayala y Carámbula, 1994). Aunque los materiales utilizados sean superiores en términos de calidad respecto al sorgo forrajero tradicional, lo esperado según lo mencionado anteriormente es que el mejor manejo recomendado sea una situación intermedia a los dos extremos de oferta de forraje compuestos por la pastura sembrada y el campo natural.

Tomando como referencia lo nombrado anteriormente, la oferta de forraje estuvo dentro del rango planteado. La situación más limitante corresponde al segundo ciclo de pastoreo del material FS, donde se mantienen cargas elevadas (cuadro No. 9) con una numéricamente menor disponibilidad de forraje (cuadro No. 7).

Según lo que puede observarse en el cuadro No. 6, Berlangieri (2008), mantuvo ofertas inferiores con sorgo forrajero BMR en pastoreo, pero dicho valor se encuentra influenciado por tratamientos que se manejaron con remanentes bajos, que redujeron la producción de forraje. Los resultados en cuanto a la oferta de forraje promedio, coinciden con la registrada por McCuistion et al., citado por de Cazzuli et al. (2017).

Si bien las ofertas de forraje son consideradas adecuadas, no hay que dejar de mencionar que las mismas son producto del promedio de producción de 3 parcelas experimentales que sostienen el mismo tratamiento. En este sentido, y considerando que la producción entre parcelas no fue uniforme, la manera de mantener la asignación de forraje fue manejando los días de ocupación de las parcelas. De igual manera se hizo entre ciclos de pastoreo, lo que determinó que por su menor disponibilidad de forraje, la duración del segundo ciclo fue menor.

4.3.3 Ganancia media diaria (GMD)

A continuación, se puede observar la ganancia media diaria (kg/animal/día) en los 2 ciclos de pastoreo y en promedio para cada tratamiento en evaluación (Cuadro No. 10). A los efectos de eliminar las diferencias entre los animales y tratamientos previas al inicio del pastoreo, el peso inicial fue utilizado como covariable a la hora de realizar el análisis estadístico.

Cuadro No. 10 Ganancia media diaria para cada tratamiento y cada ciclo de pastoreo (kg/an/día)

	Primer ciclo	Segundo ciclo	
Tratamiento	GMD (kg/an/día)	GMD (kg/an/día)	GMD/tratamiento (kg/an/día)
FS	1,29 a	0,54 a	0,90 a
BMR	1,08 b	0,59 a	0,87 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,10$)

Las GMD obtenidas en ambos tratamientos se consideran altas, y no presentan diferencias significativas entre tratamientos (Anexo No. 5). Para los 2 materiales en pastoreo, las ganancias registradas se encuentran dentro de los rangos esperados según lo manifestado por los distintos autores (cuadro No. 6). Para el caso del material BMR las GMD obtenidas son numéricamente inferiores a las registradas por Berlangieri (2008).

En el primer ciclo de pastoreo, los resultados indican que hay diferencias significativas en GMD entre materiales a favor del tratamiento FS (anexo No. 3). De igual manera, las ganancias registradas en dicho ciclo para ambos tratamientos son altas, siendo las mayores registradas en los materiales dentro de cada tratamiento.

Debido a que las condiciones ambientales son las mismas para ambos lotes animales, la diferencia en las ganancias puede estar explicada por variaciones en la calidad o cantidad del forraje cosechado.

Los resultados obtenidos en el primer ciclo no son los esperados según lo reportado por McCuiston et al. (2003), quienes determinaron que materiales BMR son los que registran un mayor valor nutritivo, por presentar menor contenido de lignina, mayor digestibilidad y capacidad de consumo, traduciéndose en mayor ganancia individual respecto al FS.

González (2013) coincide con lo expresado anteriormente solo cuando el manejo incluye un solo corte, en cambio si el mismo incluye varios pastoreos no se encuentran diferencias entre sorgos forrajeros FS y BMR en términos de calidad (cuadro No. 5). Sumado a esto, los cultivares en evaluación presentan características que suponen una alta calidad, como la alta digestibilidad y proteína (cuadro No. 5), así como su alto contenido de azúcares en tallo y palatabilidad (Cuadro No. 2 y Cuadro No.3).

La superioridad en calidad del BMR vs FS mencionada en la bibliografía no se evidenció en términos de ganancias individuales, ya que se obtuvieron resultados opuestos a lo esperado durante el primer ciclo. Esto se puede atribuir a que el retraso del inicio del pastoreo (85 días post siembra) y la altura acumulada del forraje al inicio del mismo, no permitieran expresar las ventajas de los materiales BMR frente al FS. Al momento de inicio del primer ciclo de pastoreo ambos tratamientos se encontraban en estado vegetativo, siendo esto esperado para el FS (cuadro No. 4), pero no así para el BMR (cuadro No. 2). Este retraso en la floración del BMR, puede ser consecuencia de que las plantas prioricen su supervivencia frente a la producción en las condiciones de déficit hídrico presentes previos y durante el primer pastoreo (Figura No. 5), lo que coincide con lo reportado por Carrasco et al. (2011) los cuales manifiestan que frente a condiciones adversas el sorgo forrajero puede retrasar su desarrollo y pasaje a estado reproductivo. Evaluando calidad del forraje como eficiencia sobre desaparecido, se observa que durante el primer ciclo de pastoreo la misma muestra una superioridad a favor del FS sobre el BMR (cuadro No. 12), lo que podría suponer una mayor calidad del material FS.

En cuanto a la cantidad de forraje, el retraso del pastoreo pudo ser una ventaja para el material FS, dado a que el crecimiento inicial se supone que es más lento (McCuiston, 2011), lo que le permitió tener numéricamente mayor acumulación de MS (Cuadro No.7) y a su vez mayor MS de hojas, permitiéndole lograr las mayores GMD del experimento (Figura No.7).

Puede observarse que el disponible es bajo en ambos tratamientos comparado con Berlangieri (2008) para el primer pastoreo. Esto se debe principalmente a las condiciones particulares del año, que generaron una baja implantación (Cuadro No. 7) en relación a la obtenida por el autor previamente mencionado. De igual manera, la numéricamente menor disponibilidad del presente experimento, tuvo como consecuencia una menor duración del ciclo de pastoreo como manera de ajuste, provocando que la oferta de forraje se encuentre en el rango objetivo para ambos tratamientos en el primer ciclo, lo que según Lombardo (2012) le permite al animal seleccionar las estructuras más apetecibles y digestibles que son hojas, y rechazar tallos y material muerto, motivo por el cual en ambos tratamientos la ganancia es elevada. Si bien no se hicieron mediciones que permitan comprobar este comportamiento de manera cuantitativa, pudo comprobarse a nivel de campo al observar las diferencias entre el material disponible y el remanente (Anexo No. 6), donde al igual que lo expresado por Carámbula (2007) y Berlangieri (2008) el remanente estaba compuesto principalmente por tallos.

Comparando entre tratamientos, si bien el BMR tuvo un mayor % de implantación (Cuadro No. 7), también presentó mayor peso de mil semillas. Como la densidad de siembra fue la misma entre tratamientos (18,9 kg/ha) en términos de plantas/ha fue mayor el tratamiento FS. Además de esto, resultados obtenidos por Blanco y Waller² muestran que por cada cm que aumenta la altura, la cantidad de forraje disponible aumenta 112,4 kg/ha en el tratamiento FS, mientras que en el caso del BMR aumenta 43,4 kg/ha en el total del experimento, lo que puede dar a suponer una pastura más densa en el FS. En este sentido, toma relevancia lo mencionado por Hess y Lascano (1997), los cuales afirman que el número y peso de los bocados son sensibles a densidad de forraje, lo que puede dar a suponer que por presentar una pastura más densa en el tratamiento FS, también se dé un mayor peso de bocado, componente del comportamiento ingestivo que tiene mayor influencia en el consumo (Forbes, 1988) y disminuye el tiempo de pastoreo.

Como los animales en pastoreo muestran un patrón de alternancia entre pastoreo, rumia, descanso e interacciones sociales (Arnold y Dudzinski, 1978), y la demanda de tiempo asignado a cada uno de esos procesos es competitiva (Gibb, 2006), se puede esperar que la reducción en el tiempo de pastoreo mencionada anteriormente, le permita a los animales del tratamiento FS un mayor tiempo de rumia y descanso. A su vez, este mayor tiempo de descanso mencionado para los animales pastoreando el material FS, le permite al animal realizar pastoreos tempranos en la mañana y en la tarde lo que según Suárez et al. (2012) es una estrategia de pastoreo en condiciones de confort térmico.

En el segundo ciclo de pastoreo, la GMD fue inferior al primero (Cuadro No. 10), y no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos (anexo No. 4).

La disponibilidad de forraje de este ciclo fue menor que la del primero, encontrando una pastura con zonas muy heterogéneas dentro de las parcelas (anexo No. 7), resultado de que a la baja implantación, se le sumó el primer pastoreo (causando estrés y muerte de plantas) y un mayor grado de enmalezamiento. Sumado a esto, las condiciones ambientales posteriores al primer pastoreo no fueron favorables, lo que provocó un mal rebrote por la falta de agua (Figura No. 5), provocando que aunque el manejo del remanente en altura fue adecuado según lo manifestado por Gabard y Russi (2005), esto no se tradujo en kg MS para el segundo ciclo. Evaluando la cantidad en términos de oferta de forraje, se considera que estuvo dentro del objetivo planteado para

² Blanco, R.; Waller, M. 2022. Com. Personal.

ambos tratamientos debido a que la menor disponibilidad fue ajustada con una menor carga (cuadro No. 8), siendo más limitante en el tratamiento FS.

Si bien en ambos ciclos de pastoreo se manejan ofertas de forraje dentro del rango objetivo, en el segundo ciclo la performance de los animales se ve afectada por una baja disponibilidad de forraje, la cual se espera que condicione el comportamiento ingestivo de los animales. Bajas disponibilidades de forraje obligan a los animales a buscar durante más tiempo, para intentar llenar los requerimientos de MS, aumentando el tiempo de pastoreo (Solfanelli, citado por Suárez et al., 2011). En pasturas que ofrecen bocados pequeños, asociado a la baja disponibilidad de MS y de MS de hojas (Stobbs citado por Chacón, 2011) el tiempo de búsqueda de alimento es la principal limitante (Cangiano, 1996). Esto lleva a una reducción del consumo total de aquellos animales que no logren compensar la ingesta de corto plazo con el aumento de la tasa de bocado (Gibb, 2006) además de aumentar el costo energético de búsqueda y cosecha de forraje.

Además, el estado de desarrollo avanzado de los materiales en pastoreo en el segundo ciclo, provoca una reducción de la calidad, la cual puede observarse como una menor relación hoja tallo en el tratamiento FS, pero no en el BMR, donde la relación hoja tallo es mayor (cuadro No. 7). Blanco y Waller³ fundamentan la respuesta del tratamiento BMR como una adaptación del material a las condiciones de estrés que experimentó el cultivo. De igual manera, la reducción de la calidad del material BMR puede suponerse cuando se evalúa la eficiencia sobre desaparecido (cuadro No.12) donde se ve que para el segundo ciclo de pastoreo se requieren más kg MS desaparecido/kg PV ganado, una posible explicación de esto puede ser el estado avanzado de desarrollo del material BMR, el cual se encontraba en floración (anexo No. 8), donde la calidad se ve reducida por disminución en la proteína y aumento en la fibra, generando que también disminuya la digestibilidad y el valor nutritivo (Fassio et al., 2002, Vaz Martins, 2003).

Durante el segundo ciclo el clima fue de menor riesgo por estrés térmico desde el punto de vista de las temperaturas medias (Figura No. 3) e ITH promedio, pudiendo esperar algún problema en momentos del día de mayor riesgo (Figura No. 6). Si bien climáticamente fue menos favorable el primer ciclo para lograr buenos resultados, parece ser que las condiciones de la pastura (cantidad, calidad y estructura) tuvieron mayor relevancia en las ganancias.

³ Blanco, R.; Waller, M. 2022. Com. Personal.

Las condiciones ambientales particulares del experimento pueden ser otra explicación a que los resultados obtenidos, en este sentido McCuistion et al., citados por Cazzuli et al. (2017) manifiestan que luego de 3 años de evaluación comparativa entre sorgo BMR y FS, las condiciones ambientales fueron de las principales fuentes de variación entre los resultados, y que a medida que aumenta la carga la performance animal presenta mayor variabilidad.

4.3.3.1. Ganancia media diaria en relación a la MS hoja Disponible

La GMD individual de los animales, se ajustó a un modelo de regresión lineal con la cantidad de MS de hoja disponible para cada ciclo de pastoreo. Se presentaron diferencias significativas (anexo No. 9), donde situaciones con MS de hoja entre 1360 y 2114 fueron superiores en ganancias media diaria comparado a los casos donde la MS de hojas fue inferior.

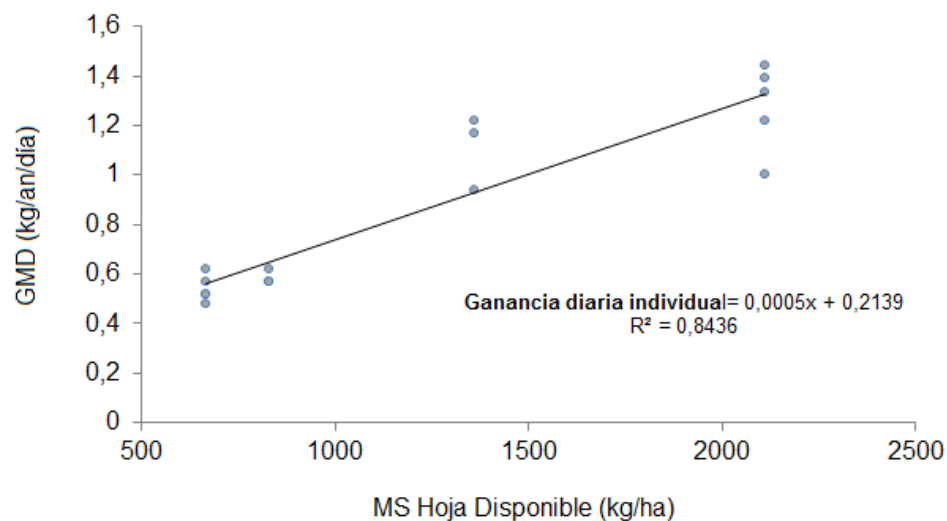


Figura No. 7 Relación entre la GMD y la cantidad de MS de hoja (kg/ha) disponible.

En la figura No. 7 puede observarse que hay una correlación lineal y positiva entre la MS hojas y la GMD de los animales. Determinando que por cada kg. de aumento en la MS Hoja la ganancia diaria aumente en promedio 0,5 g/animal/día. Con ofertas de hojas de 1360 kg MS/ha a 2114 kg MS/ha las ganancias mínimas rondan en valores cercanos a 1 kgPV/an/día, lo que remarca que la alta disponibilidad de hojas le permite al animal la selección de estas estructuras que son más apetecibles (Hardoy y Danelón, 1989, Carámbula, 2007, Berlangieri, 2008), lo que se traduce en una dieta de mayor

calidad, que permita un mayor peso de bocado y menor tiempo de pastoreo (Stobbs, citado por Chacón, 2011) y por lo tanto mayores ganancias de peso. Cuando la MS hoja fue menor a 1000 kg MS/ha, las ganancias máximas están muy alejadas de las mínimas de la situación anteriormente mencionada. Esto se debe principalmente a una mayor dificultad de cosecha del forraje, menor capacidad de selección, bocados de menor tamaño por la baja disponibilidad, y una estructura de la pastura más avanzada que coincidió temporalmente con las situaciones de menor MS hojas.

4.3.4 Ganancia total de peso

En el cuadro No. 11 se puede apreciar la ganancia total de peso vivo en el experimento para cada tratamiento, y cada ciclo de pastoreo.

Cuadro No. 11 Ganancia total de peso para cada tratamiento (kg/ha)

	Primer ciclo	Segundo ciclo	
Tratamiento	Ganancia de PV (kg/ha)	Ganancia de PV (kg/ha)	Ganancia Total de PV (kg/ha)
FS	192	48	240
BMR	100	31	131

Las ganancias totales son bajas comparado a las obtenidas por varios autores, entre ellos, Berlangieri (2008), Montossi et al. (2020), McCuistion et al. (2003), McCuistion et al. citados por Cazzuli et al. (2017), resultado esperable por el menor tiempo de duración de los ciclos de pastoreo en relación a los reportados por dichos autores, debido a la limitante que presentó el presente experimento por efecto climático.

En el primer ciclo de pastoreo las ganancias/ha registradas fueron numéricamente superiores a las del segundo ciclo (Cuadro No. 11). Esto se debe al mayor tiempo de duración del ciclo (37 días el primero vs 22 días el segundo), y por la mayor disponibilidad y calidad de forraje esperada en el primer ciclo de pastoreo en relación al segundo que se traduce en una mayor ganancia diaria individual.

Comparando tratamientos, el FS fue el que logró numéricamente mayores ganancias/ha. Estos resultados son esperados por la mayor carga soportada en el tratamiento FS, y coincide con lo reportado por McCuistion et al. (2011), el cual observó que la carga muestra una relación lineal con la ganancia/ha, y que la variedad FS fue capaz de mantener la ganancia media diaria con cargas más altas que la BMR.

Puede observarse que la diferencia entre los tratamientos es mayor en el primer ciclo de pastoreo con respecto al segundo, esto se debe tanto a la mayor carga en el tratamiento FS, así como a las mayores GMD logradas en dicho tratamiento. Sumado a lo anterior, esta diferencia en ganancias fue registrada durante más días por la mayor duración del primer ciclo respecto al segundo.

4.3.5 Eficiencia sobre desaparecido por ciclo de pastoreo

El concepto de eficiencia sobre desaparecido, se refiere a los kg MS consumidos, pisoteados, o perdidos durante el proceso de pastoreo, necesarios por kg PV animal. En el cuadro No.12 se puede observar la eficiencia sobre desaparecido de los tratamientos en evaluación, para cada ciclo de pastoreo.

Cuadro No. 12 Eficiencia sobre desaparecido en cada ciclo de pastoreo (kg MS/kg PV)

Tratamiento	Primer ciclo (kg MS/kg PV)	Segundo ciclo(kg MS/kg PV)
FS	24	39
BMR	30	55

En ambos tratamientos la oferta de forraje fue elevada, por lo que se espera que el forraje desaparecido esté explicado en parte por el consumido, pero que también presente pérdidas por pisoteo y en menor medida pérdidas por senescencia debido a la alta carga instantánea manejadas.

Asumiendo que la mayor parte del forraje desaparecido es consumido, y considerando que la oferta de forraje fue similar entre tratamientos (cuadro No.9), en el primer ciclo lo que se puede observar es que el tratamiento FS, fue el que necesitó menor cantidad de MS desaparecida, por cada kg de peso vivo producido, pero la diferencia no fue tan notable como en el segundo ciclo de pastoreo. La baja diferencia en el primer ciclo de pastoreo se puede interpretar como que no fue muy variable la calidad entre materiales, mostrando aun así una ventaja a favor del FS, posiblemente explicada por la mayor facilidad de cosecha esperable debido a la presencia de un forraje más denso en el material FS, ya que a la misma altura de disponible presenta una numéricamente mayor disponibilidad de forraje (cuadro No. 7).

Las diferencias en el segundo ciclo en cuanto a eficiencia pueden ser explicadas por la calidad del material en pastoreo, la oferta de forraje y las características morfológicas de los materiales en pastoreo.

En cuanto a la calidad, la mayor diferencia puede ser atribuida al estado de desarrollo de los materiales, donde el BMR se encontraba encañado y el FS permanecía vegetativo. De igual manera, este último presentó rebrotes de mala calidad evidenciados al observar la relación hoja tallo (cuadro No. 7), coincidiendo con lo manifestado por Carrasco et al. (2011), los cuales sostienen la mala capacidad y calidad del rebrote en materiales FS.

En cuanto a la oferta de forraje, fue superior en el tratamiento BMR (cuadro No.9), lo que puede dar a suponer que el desaparecido esté menos explicado por el consumo y presente mayor cantidad de forraje senescente, ya que Chilibróste et al. (2015) manifiestan que a medida que la oferta de forraje aumenta, disminuye la utilización de la pastura y aumenta la proporción de material senescente.

Tomando en cuenta las características morfológicas de los cultivares en pastoreo, el BMR presenta tallos más finos y menos lignificados (Di Buo, 2010, Rovira y Echeverría, 2013, Lus, 2020), provocando que luego de encañar se esperen mayores problemas de vuelco y pisoteo (Ayala et al., 2010) a las alturas de entrada al pastoreo utilizadas (cuadro No. 7). En el caso del FS, según lo expresado por Schild (2012), presentan mayor % de tallo que el resto de los biotipos de sorgo, provocando en el segundo ciclo de pastoreo una menor relación hoja tallo (cuadro No. 7) lo que le brinda una estructura de sostén mejor. Al comparar las características de los cultivares (cuadro No. 2 y Cuadro No. 4) el FS es el que presenta mayor tolerancia al vuelco y al quebrado de los dos, esperando menores pérdidas en este sentido.

4.3.6 Eficiencia sobre el Producido y Desaparecido Total

En el cuadro No. 13, se presentan los resultados obtenidos para eficiencia sobre producido y desaparecido (kg MS/kg PV) para los tratamientos en evaluación.

Cuadro No. 13 Eficiencia sobre producido y desaparecido de cada tratamiento

Tratamiento	Eficiencia sobre producido (kg MS/kg PV)	Eficiencia sobre desaparecido (kg MS/kg PV)
FS	30,4	27,1
BMR	41,3	35,7

De los resultados obtenidos se evidencia para el período de evaluación una superioridad en términos de eficiencia para ambos tanto sobre producido como sobre desaparecido a favor del tratamiento FS. Esto quiere decir que requiere menos kg de MS producido/desaparecido para la producción de 1kg de MS.

Antonaccio et al. (2016) obtuvieron eficiencias sobre desaparecido de entre 15,5 y 26,1 MS/kg PV, mientras que Aldeta et al. (2014) reportaron valores entre 17,4 y 28,8 kg en pastoreo de pasturas mezcla. Comparado a estos autores, la eficiencia parece ser baja en el presente experimento, pero es esperado ya que las praderas utilizadas por los autores tienen leguminosas dentro de sus componentes, frente a una gramínea pura como la del presente experimento. Según Trujillo y Uriarte (2011) las leguminosas presentan la ventaja frente a las gramíneas de tener mayor tasa de consumo y consumo voluntario diario, asociado a una mayor tasa de pasaje y menor dificultad física de cosecha.

De igual manera, se puede observar que la eficiencia sobre desaparecido no se encuentra tan alejada del límite superior planteado por los autores, lo que puede dar a suponer que si bien la calidad es inferior a la de la mezcla forrajera, las características de los cultivares de sorgo en pastoreo ya mencionados, como son la alta palatabilidad, digestibilidad y contenido de azúcares en tallo (cuadro No. 2 y cuadro No. 4) hacen que la calidad de la gramínea sea alta.

4.3.7 Ganancia media diaria de sorgo forrajero comparado con pradera mezcla

En el cuadro No. 14 se presentan los datos de ganancia diaria y oferta de forraje obtenidas por Montans et al. (2021), que coincidió temporalmente con la fecha de ocupación de cada ciclo de pastoreo con el presente experimento. En consecuencia, se espera que no haya variaciones en las condiciones ambientales sobre las que se situaron los diferentes experimentos.

Cuadro No. 14 Efecto del recurso forrajero en pastoreo y la oferta de forraje sobre la ganancia media diaria.

Tratamiento	Primer ciclo		Segundo Ciclo	
	Ganancia individual (kg/an/día)	Oferta de forraje (kgMS/100 kg PV)	Ganancia individual (kg/an/día)	Oferta de forraje (kgMS/100 kg PV)
Sorgo FS	1,29 a	8,2	0,54 a	6,4
Sorgo BMR	1,08 b	9,3	0,59 a	10
DA	0,53 a	2,3	0,43 a	3,3
FAchTB	0,38 a	2,0	0,25 a	4,3

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,10$). **Fuente:** adaptado a Montans et al. (2021).

Se puede apreciar que dentro de los diferentes experimentos, no se encontraron diferencias significativas en la ganancia de las diferentes mezclas de pradera. Para los 2 tipos de sorgo forrajero en el segundo ciclo de pastoreo no se registraron diferencias significativas en ganancias, pero en el primer ciclo de pastoreo si se observan diferencias significativas a favor del tratamiento FS en relación al BMR.

Comparando numéricamente, en el primer ciclo de pastoreo se puede observar una notable diferencia entre las ganancias diarias a favor del sorgo forrajero en relación a las praderas mezcla.

En el segundo ciclo de pastoreo, si bien en ambos casos la ganancia disminuye, las mismas son mayores pastoreando sorgo forrajero y la magnitud de la diferencia no es tan grande como en el caso del primero.

Agustoni et al. (2008), en un experimento realizado sobre pasturas sembradas, ubicaron la carga óptima en un rango de 5,6 y 6,8% de asignación, mientras que Almada et al. (2007) obtuvieron resultados similares, donde utilización de asignaciones entre 4,5 y 6,0 % permitirían una adecuada ganancia por animal y por hectárea y un buen comportamiento de la pastura que no pondría en riesgo su persistencia futura.

En el caso de las pasturas sembradas, la oferta no supera el 2,3% en el primer ciclo de pastoreo ni el 4,3% en el segundo ciclo, ofertas inferiores a las recomendadas para obtener adecuadas ganancias, y buen comportamiento de la pastura.

En sorgo forrajero en cambio, como fue mencionado previamente, la oferta óptima se encuentra en valores intermedios a los recomendados para pasturas sembradas y CN, pudiéndose ubicar en todas las situaciones dentro del rango recomendado.

Como las condiciones ambientales son similares, y no se puede afirmar que la calidad del material cosechado fue mayor por selección, debido a que estamos comparando materiales diferentes, se espera que el principal determinante de estas diferencias sea la cantidad de forraje consumido.

En este sentido Sollenberger y Vanzant (2011) mencionan que la cantidad de forraje consumida explica entre 60 a 90% de la ganancia media diaria cuando es alto el rango de disponibilidades de forraje, y que la calidad es un factor que toma mayor relevancia cuando la cantidad ofrecida es alta, explicando en estas situaciones más del 50% de la ganancia.

Como fue mencionado anteriormente, con la curva de Mott (1960) se puede apreciar que con cargas bajas (asociado a una alta asignación de forraje) se logran ganancias individuales altas, debido a que el animal tiene mayor capacidad de seleccionar una dieta de mayor calidad, en comparación a lo que ocurre con cargas altas (baja asignación) donde la capacidad de selección es menor. Relacionado a esto, si bien las cargas son mayores, las elevadas ofertas de forraje en pastoreo de sorgo forrajero (cuadro No. 9), le permiten al animal seleccionar las estructuras más apetecibles dentro de la pastura, es así que al igual que Carámbula (2007), se observó que los remanentes se encontraban principalmente compuestos por tallos (anexo No. 6).

Otro factor que se espera que influya de manera diferencial entre experimentos es el estrés calórico, principalmente por el esperado patrón de pastoreo entre ellos. El primer ciclo de pastoreo es en el cual se esperan mayores problemas de estrés calórico (Figura No. 6). En pastoreo de sorgo forrajero, las altas disponibilidades y asignaciones de forraje, permiten esperar un gran tamaño de bocado, alta tasa de consumo y bajo tiempo de pastoreo (Chilibroste et al., 2015), lo que, según lo manifestado por Suárez et al. (2012), le brinda la posibilidad de evitar pastorear en las condiciones de mayor estrés y dedicar más tiempo al descanso y la rumia. En el caso de la pastura sembrada, las bajas asignaciones y disponibilidades de forraje, provocan bajos pesos de bocado y un aumento del tiempo de pastoreo, lo que reduce la capacidad del animal de evitar pastoreos los horarios críticos, y por lo tanto se espera que pastoreen expuestos a las condiciones de mayor estrés calórico. Este factor se espera que tenga un efecto más relevante en las ganancias del primer ciclo, ya que durante el segundo ciclo las condiciones de estrés registradas (Figura No. 6) fueron menos riesgosas.

5. CONCLUSIÓN

La GMD presentó diferencias significativas solo en el primer ciclo de pastoreo, notando una superioridad en aquellos animales en pastoreo del material FS, el cual a su vez se caracterizó por soportar cargas más elevadas (5,7 vs 3,4 UG/ha), lo que tuvo como consecuencia una mayor ganancia de peso total por unidad de área en dicho tratamiento durante la totalidad del experimento.

Las condiciones climáticas particulares que determinaron una baja implantación de los materiales en pastoreo y una baja producción en relación al potencial presentado por el material genético, tuvieron como consecuencia un menor número y duración de pastoreos en relación a lo esperado, reflejado en que las ganancias por unidad de área fueran bajas según la reportada por bibliografía para estos materiales.

La cantidad de forraje fue el factor con mayor importancia sobre la ganancia individual, donde el sorgo forrajero no solo presentó mayor GMD sino que también una mayor capacidad de carga y oferta de forraje comparado con praderas mezcla, lo que puede dar a suponer que la inclusión de las nuevas variedades sorgo forrajero dentro de la rotación permite no solo obtener buenos resultados productivos, sino que también reducir la carga estival sobre praderas, que le permitan un mejor rebrote y una mayor persistencia.

Dentro del panorama actual que muestra a la intensificación ganadera como estrategia de incremento de competitividad de la empresa, la inclusión de sorgos forrajeros FS y BMR dentro de la rotación permite mantener altas cargas y mejorar el desempeño productivo de novillos en pastoreo durante el verano, siempre que se haga un manejo adecuado.

6. RESUMEN

La finalidad del presente trabajo fue abordar los objetivos planteados, evaluando las nuevas alternativas de sorgo forrajero en pastoreo y su respuesta en producción animal. El experimento tuvo lugar en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC), de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Paysandú, Uruguay. (32°22' 29.8" de latitud sur y 58°03' 43.4" de longitud oeste), sobre suelos Brunosoles Eutricos Típicos y Luvicos. Los tratamientos en evaluación fueron 2, pastoreo de sorgo forrajero cv. Talismán (BMR) y pastoreo de sorgo forrajero cv. Green Supremo (FS), con el mismo manejo del pastoreo entre tratamientos, donde se evaluó la productividad animal. El experimento tuvo un diseño de parcelas divididas en bloques con tres repeticiones. Se realizaron 2 ciclos de pastoreo con 5 y 3 novillos/parcela para los materiales fotosensitivo y BMR sucesivamente con animales de raza Holando, donde el peso de inicio fue ajustado entre ciclos de pastoreo en base a la disponibilidad de forraje, rondando los 530 kg en el primer ciclo y 463 kg en el segundo. Los diferentes tratamientos no presentaron diferencias significativas ($p > 0,10$) en cuanto a ganancia diaria individual en el período de evaluación total (1,01 vs 0,90 kg/an/día para FS y BMR sucesivamente), pero sí lo hicieron en el primer ciclo de pastoreo ($p < 0,10$) a favor del material fotosensitivo frente al BMR (1,29 vs 1,08 kg/an/día para el FS y BMR sucesivamente). Para los restantes parámetros en evaluación, la falta de repeticiones no permitió realizar análisis estadístico. Las condiciones ambientales predominantes en el período experimental, caracterizado por escasas precipitaciones, fueron más determinantes en los resultados obtenidos que el tipo de material de sorgo utilizado en pastoreo.

Palabras clave: Sorgo fotosensitivo; Sorgo BMR; Pastoreo

7. SUMMARY

The purpose of this work was to address the stated objectives, evaluating the new alternatives of grazing forage sorghum and its response in animal production. The experiment took place at the Mario A. Cassinoni Experimental Station (EEMAC), of the Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Paysandú, Uruguay. (32°22' 29.8" south latitude and 58°03' 43.4" west longitude), on Typical and Luvic Eutric Brunosols soils. The treatments under evaluation were 2, grazing of forage sorghum cv. Talismán (BMR) and grazing of forage sorghum cv. Green Supremo (FS). Animal productivity was evaluated, with the same grazing management between both treatments. The experiment had a design of plots divided into blocks with three replications. Two grazing cycles were carried out with 5 and 3 steers/plot for photosensitive materials and BMR successively. Holland breed animals were used, where the starting weight was adjusted between grazing cycles based on forage availability. The average weight was 530 kg in the first cycle, and 463 kg in the second. The different treatments did not present significant differences ($p > 0.10$) in terms of individual daily weight gain in the complete evaluation period (1.01 vs. 0.90 kg/an/day for FS and BMR successively). However, the treatments presented differences in the first grazing cycle ($p < 0.10$) in favor of the photosensitive material (1.29 vs 1.08 kg/an/day for FS and BMR successively). For the remaining parameters under evaluation, the lack of repetitions did not allow statistical analysis. The prevailing environmental conditions in the experimental period, characterized by low rainfall, were more decisive in the results obtained than the type of sorghum material used in grazing.

Keywords: Photosensitive sorghum; BMR sorghum; grazing

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, Y. 2004. Estimación del valor nutritivo para producción de leche. (en línea). In: Mieres, J. M. ed. Guía para la alimentación de rumiantes. Montevideo, INIA. pp. 69 - 78. (Serie Técnica no.142). Consultado 15 oct. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7855/1/st-142-2004-p.1-11.pdf>.
2. Aello, M.; Cicchino, M.; Otondo, J. 2018. Verdeos de verano para pastoreo o reserva forrajera. (en línea). Buenos Aires, INTA. 5 p. Consultado 23 set. 2021. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_vr124_verdeos_de_verano.pdf.
3. Agustoni, F.; Bussi, C.; Shimabukuro, M. 2008. Efecto de la asignación de forraje sobre la productividad de una pastura de segundo año. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 119 p. Consultado 9 mar. 2022. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/24578/1/agustoni.pdf>.
4. Aldeta, R.; Constantín, F.; Laxalde, J. 2014. Efecto de la fecha de siembra y mezclas forrajeras sobre la producción estivo-otoñal en praderas de cuarto año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 116 p. Consultado 11 mar. 2022. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/8763/1/3959ald.pdf>.
5. Almada, S.; Palacios, M.; Villalba, S.; Zipitria, G. 2007. Efectos de la asignación de forraje y la suplementación sobre la productividad de una pastura de raigrás perenne, trébol blanco y Lotus corniculatus. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 106 p. Consultado 9 mar. 2022. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/27284/1/AlmadaFrancoSoledad.pdf>.

6. Antonaccio, M.; Mailhos, M.; Zerbino, J. 2016. Producción de forraje y carne de cuatro mezclas forrajeras en su primer verano y su segundo otoño de vida. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 129 p. Consultado 10 mar. 2022. Disponible en https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/19700/1/TTS_AntonaccioGuedesMauroAdolfo_MailhosAlgortaMath%c3%adas_ZerbinoMen%c3%a9ndezJorgeCarlos.pdf
7. Arenas, F. H.; Antonini, C. A. 2014. Verdeos invernales y estivales. (en línea). Mendoza, UNCuyo. 19 p. Consultado 1 mar. 2022. Disponible en https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/_5cc20a5354dce.pdf.
8. Arnold, G.; Dudzinski, M. 1978. Ethology of free-ranging domestic animals. 2nd. ed. Amsterdam, Elsevier. 198 p.
9. Astigarraga, L.; Bianco, A.; Mello, R.; Montedónico, D. 2014. Comparación de sorgo marrón con forraje de sorgo convencional para vacas lecheras en pastoreo. (en línea). American Journal of Plant Sciences. 5(7): 955 - 962. Consultado 12 feb. 2022. Disponible en <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=44159>.
10. Ayala, W.; Carámbula, M. 1994. Nitrógeno en campo natural. (en línea). Treinta y Tres, INIA. 63 p. (Serie Técnica no. 51). Consultado 20 mar. 2022. Disponible en <http://inia.uy/en/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807121938.pdf>.
11. _____; Bemhaja, M.; Cotro, B.; Docanto, J.; García, J.; Olmos, F.; Real, D.; Rebuffo, M.; Reyno, R.; Rossi, C.; Silva, J. 2010. Forrajeras: catálogo de cultivares. (en línea). Montevideo, INIA. 131 p. Consultado 19 oct. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429300810155513.pdf>.
12. _____; Barrios, E.; Magallanes, J.; Paiva, M. 2014. Utilización de verdeos de verano en la alimentación de corderos. (en línea). Treinta y Tres, INIA. 183 p. (Actividades de difusión no. 729). Consultado 10 ene. 2022. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4324/1/Ad-719-p.63-68Ayala.pdf>.

13. Bailey, D. W.; Gross, J. E.; Laca, E. A.; Rittenhouse, L. R.; Coughenour, M. B.; Swift, D. M.; Sims, P. L. 1996. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. (en línea). Journal of Range Management. 49(5): 386 - 400. Consultado 20 nov. 2021. Disponible en <https://repository.arizona.edu/bitstream/handle/10150/644282/9140-9021-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
14. Barbera, P.; Benítez, J. 2016. Sorgo forrajero para pastoreo. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 21 set. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/maiz_sorgo/42-sorgo_pastoreo.pdf.
15. Barragán, W. A.; Mahecha, L.; Moreno, J.; Cajas, Y. 2018. Comportamiento ingestivo diurno y estrés calórico de vacas bajo sistemas silvopastoriles y pradera sin árboles. (en línea). Livestock Research for Rural Development. 29: 234. Consultado 13 de mar. 2022. Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd29/12/wils29234.html>.
16. Benvenutti, M. A.; Cangiano, C. A. 2011. Características de las pasturas y su relación con el comportamiento ingestivo y consumo en pastoreo. In: Cangiano, C. A.; Brizuela, M. A. eds. Producción Animal en Pastoreo. Buenos Aires, INTA. pp. 259 - 290.
17. Berlangieri, M. 2008. Efecto del manejo y el material genético en la productividad de sorgo forrajero bajo pastoreo. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 150 p. Consultado 14 abr. 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12008/24891>.
18. Bianco, A.; Astigarraga, L.; Mello, R. 2003. Estudio de las características de híbridos de sorgo de bajo contenido en lignina (bmr) conservado como ensilaje y la respuesta en leche. (en línea). Libertad, IPB Semillas. s.p. Consultado 17 ene. 2022. Disponible en <https://ipbseeds.com.uy/infotecnica/produccion-de-leche-con-sorgos-bmr-bajo-pastoreo-directo-o-silo-vs-maiz/>.

19. Bignoli, D. P. 1971. Comportamiento de los animales en pastoreo. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 18 nov. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/etologia_bovinos/55-comportamiento_en_pastoreo.pdf.
20. Bretschneider, G.; Salado, E.; Mattera, J. 2008. Intoxicación del ganado con ácido cianhídrico. (en línea). Rafaela, INTA. s.p. Consultado 27 nov. 2021. Disponible en http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/art_divulgacion/ad_0022.htm.
21. Cangiano C. A. 1996. Consumo en pastoreo. Factores que afectan la facilidad de cosecha. (en línea). In: Cangiano, C. A. ed. Producción animal en pastoreo. Balcarce, INTA. pp. 41 - 48. Consultado 22 dic. 2021. Disponible en https://www.agro.uba.ar/sites/default/files/agronomia/cangiano_1996_48_56.pdf.
22. Cantaro, J. 2018. Consumo de alimento y comportamiento ingestivo de vacas al pastoreo en época lluviosa en la sierra central del Perú. Tesis Mag. en Producción Animal. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 84 p.
23. Cantou, A.; Echenique, M.; Gallinal, C.; Muñoz, M. 2009. Efecto de la asignación de forraje y la frecuencia del cambio de franja sobre la performance de novillos Hereford pastoreando praderas permanentes. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 156 p. Consultado 20 nov. 2021. Disponible en https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/23827/1/TTS_CantouMayolAndr%c3%a9s.pdf.
24. Carámbula, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 464 p.
25. _____. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. (en línea). Montevideo, INIA. 47 p. (Serie Técnica no. 19). Consultado 10 dic. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2921/1/111219220807114541.pdf>.

26. _____. 2002. Pasturas y forrajes. Vol. 1. Potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. 357 p.
27. _____. 2007. Verdeos de verano. Montevideo, Hemisferio Sur. 226 p.
28. Carrasco, N.; Zamora, M.; Melin, A. 2011. Manual de sorgo: proyecto regional desarrollo de una agricultura sustentable en los territorios del CERBAS. (en línea). Buenos Aires, INTA. 112 p. Consultado abr. 2021. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_de_sorgo_renglon_191.pdf.
29. Carvalho, P.; da Trindade, J. C.; da Silva, S. C.; Bremm, C.; Mezzalira, J. C.; Nabinger, C.; Amaral, M. F.; Carassai, I. J.; Martins, R. S.; Genro, T. C. M.; Gonçalves, E. N.; do Amaral, G. A.; Gonda, H. L.; Poli, C. H.; dos Santos, D. T. 2009. Consumo de forragem por animais em pastejo: analogias e simulações em pastoreio rotativo. (en línea). In: Simpósio sobre Manejo da Pastagem - Intensificação de sistemas de produção animal em pastos - FEALQ. (25º., 2009, Piracicaba). Trabalhos apresentados. Sao Pablo, FEALQ. 33 p. Consultado 25 nov. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Teresa-Genro/publication/284470594_Consumo_de_forragem_por_animais_em_pastejo_Analogias_e_simulacoes_em_pastoreio_rotativo/links/5655de6008ae4988a7b2eca5/Consumo-de-forragem-por-animais-em-pastejo-Analogias-e-simulacoes-em-pastoreio-rotativo.pdf.
30. Casler, M. D.; Pedersen, J. F.; Undersander, D. J. 2003. Forage Yield and Economic Losses Associated with the Brown-Midrib Trait in Sudangrass. (en línea). Crop Science. 43: 782 - 789. Consultado 1 abr. 2022. Disponible en <https://digitalcommons.unl.edu/agronomyfacpub/934>.
31. Cazzuli, F.; Lagomarsino, X.; Montossi, F. 2017. Sistemas de engorde de novillos sobre verdeos anuales estivales en la región de Basalto. (en línea). Montevideo, INIA. pp. 5 - 21. (Serie Técnica no. 230). Consultado 15 nov. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6907/1/st-230-2017.pdf>.

32. Chacón, E. 2011. Comportamiento ingestivo del vacuno a pastoreo. (en línea). Mundo Pecuario. 7(3): 130 - 144. Consultado 18 feb. 2021. Disponible en <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/33774/1/articulo3.pdf>.
33. Chilibroste, P.; Soca, P.; Mattiauda, D. A.; 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: 1075 - 1084.
34. _____; Gibb, M. J.; Soca, P.; Mattiauda, D. A. 2015. Behavioural adaptation of grazing dairy cows to changes in feeding management: do they follow a predictable pattern? Animal Production Science. 55: 328 - 338.
35. Church, D. C. 1984. Alimentos y alimentación del ganado. Montevideo, Hemisferio Sur. 800 p.
36. Cicchino, M.; Otondo, J. 2019. Utilización de verdeos de verano para pastoreo o reservas forrajeras en la Cuenca del Salado. (en línea). Buenos Aires, INTA. 21 p. Consultado 19 oct 2021. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/publicacion_verdeos_de_verano.pdf.
37. Coria, M. L.; Labarthe, F. S.; Pelta, H. R.; Zilio, J. P.; Lageyre, L. E.; González, G. A. 2009. Calidad de sorgos forrajeros. (en línea). Buenos Aires, INTA. 8 p. Consultado 15 oct. 2021. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-5_calidad_de_sorgos_forrajeos.pdf.
38. Correa, A. 2001. El sorgo forrajero en producción animal. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 10 nov. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/maiz_sorgo/39-sorgo_forrajero_en_produccion_animal.pdf.
39. Cozzolino, D. 2002. El valor nutritivo de los alimentos para animales: qué es y cómo se mide. (en línea). El País Agropecuario. 8(87): 25 - 28. Consultado 15 oct. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/10438/1/87.pdf>.

40. Cruz, G.; Saravia, S. 2008. Cuantificación de un Índice de Temperatura y Humedad en Uruguay. *Agrociencia*. 12: 56 - 60.
41. Cubillos, G. F.; Mott, G. O. 1969. La influencia de la presión de pastoreo sobre la producción de carne de novillos en praderas de alfalfa y bromo. (en línea). *Agricultura Técnica*. 29(4): 178 - 185. Consultado 19 nov. 2021. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/37850/NR37919.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
42. De Villalobos, T. 2002. Eficiencia de cosecha del forraje y producciones potenciales de carne. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 27 nov. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/73-forraje_eficiencia.pdf.
43. Del Pozo, P. P. 2004. Bases ecofisiológicas para el manejo de los pastos tropicales. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado ene. 2022. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/30-bases_ecofisiologicas_manejo_pasturas_tropicales.pdf.
44. Demanet, R.; Canales, C. 2020. Manual cultivo del sorgo forrajero. (en línea). Temuco, Universidad de La Frontera. 24 p. Consultado 4 abr 2022. Disponible en <http://www.watts.cl/docs/default-source/default-document-library/manual-cultivo-del-sorgo-forrajero-versi%C3%B3n-final-01-09-2020.pdf?status=Temp&sfvrsn=0.6040716198441742>.
45. Di Buo, J. 2010. La nueva generación de sorgos. (en línea). Argentina, s.e s.p. Consultado 20 dic. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/maiz_sorgo/158-sorgos.pdf.
46. Di Marco, O. 2006. Eficiencia de utilización del alimento en vacunos. Argentina, s.e s.p. Consultado 17 nov. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/89-eficiencia_utilizacion_alimento.pdf

47. Fassio, A.; Cazzolino, D.; Ibañez, W.; Fernández, E. 2002. Sorgo: destino forrajero. Montevideo, INIA. 31 p. (Serie Técnica no. 127). Consultado 3 nov. 2021 Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807141139.pdf>.
48. Fertig, M. 2006. Producción de carne bajo distintos sistemas de pastoreo en ñirantales del Noroeste del Chubut. (en línea). Esquel, INTA. pp. 93 - 96. (Ganadería no. 21). Consultado 21 feb. 2022. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ganaderia21_produccion_bovina.pdf.
49. Forbes, T. D. A. 1988. Researching the plant - animal interface: The investigation of ingestive behavior in grazing animals. Journal of Animal Science. 66: 2369 - 2379.
50. _____; Provenza, F. D. 2000. Integration of learning and metabolic signals into a theory of dietary choice and food intake. In: Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction. Wallingford, CABI. pp 3 - 19.
51. Gabard, L.; Russi, I. 2005. Efecto de la intensidad de pastoreo en producción y dinámica poblacional de Sorghum sudanense var. Comiray. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 137 p. Consultado 15 oct. 2021. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/27361/1/GabardCabreraLeonardo.pdf>.
52. Gallarino, H. E. 2008. Manejo de sorgos forrajeros, su aprovechamiento. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 16 nov. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/maiz_sorgo/113-sorgos.pdf.
53. Galli, J. R.; Cangiano, C. A.; Fernández, H. H. 1996. Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 19 nov. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/15-ingestivo_y_consumo_bovinos.pdf

54. _____.; _____. 1998. Relación entre la estructura de la pastura y las dimensiones del bocado y sus implicancias en el consumo en bovinos. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 20 feb. 2022. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/93-pastura_bocado_consumo.pdf.
55. Gibb, M. 2006. Grassland management with emphasis on grazing behavior. In: Elgersma, A.; Dijkstra, J.; Tamminga, S. eds. Fresh Hbage for Dairy Cattle. Wageningen, Springer. pp. 141 - 157. (Wageningen UR Frontis Series, no. 18).
56. González, M. 2013. Evaluación de rendimiento y calidad de sorgos forrajeros para pastoreo directo en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires. (en línea). Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina. Pontificia Universidad Católica Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias. Consultado 29 dic. 2021. Disponible en <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/374>.
57. Gregorini, P.; Pas, S.; Tamminga, S.; Gunter, S. 2006. Behavior and Daily Grazing Patterns of Cattle. The Professional Animal Scientist. 22(3): 201 - 209.
58. _____.; Agnelli, L.; Masino, C. 2007. Producción animal en pastoreo: definiciones que clarifican significados y facilitan la comprensión y utilización de términos usados comúnmente. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 30 nov. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/61-produccion_en_pastoreo.pdf
59. Hardoy, A.; Danelón, J. L. 1989. Selección de la dieta y consumo de rumiantes en pastoreo (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 10 ene. 2022. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/35-seleccion_dieta_y_consumo.pdf.
60. Hess, H. D.; Lascano, C. E. 1997. Comportamiento del consumo de forraje por novillos en pasturas de gramínea sola y asociada con una leguminosa. Pasturas Tropicales. 19(2): 12 - 20.

61. Hodgson, J. 1979. Nomenclature and definitions in grazing studies. (en línea). Grass and Forage Science. 34(1): 11 - 17. Consultado 4 abr. 2022. Disponible en <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2494.1979.tb01442.x>.
62. _____. 1990. Grazing management: science into practice. New York, Longman Scientific and Technical. 203 p.
63. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2018. Algunos conceptos sobre calidad de forrajes. (en línea). Montevideo. 2 p. (Ficha Técnica no. 33). Consultado 11 mar. 2022. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11188/1/Ficha-tecnica-33-Algunos-conceptos-sobre-calidad-de-forrajes.pdf>.
64. Kent, F. 2019. Sorgos. (en línea). In: Forrajeras cultivadas anuales y perennes más difundidas en la provincia de La Pampa. (en línea). La Pampa, INTA. pp. 47 - 52. Consultado 12 nov. 2021. Disponible en <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/6097>.
65. Lagomarsino, X.; Montossi, F. 2014. Engorde estival de novillos en pastoreo sobre sorgos forrajeros con suplementación proteica. (en línea). Revista INIA. no. 39: 17 - 22. Consultado 29 set. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3895/1/Revista-INIA-39-17-22.pdf>.
66. Lombardo, S. 2012. Asignación de forraje: ¿cuánto pasto hay que ofrecer a los animales? (en línea). Revista del Plan Agropecuario. no. 143: 32 - 35. Consultado 22 set. 2021. Disponible en https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R143/R_143_32.pdf.
67. Lus, J. 2020. Sorgos BMR para pastoreo: implicancias productivas de la tecnología BMR en sorgos. (en línea). Pergamino, PGG Wrightson Seeds. 6 p. (News no. 6). Consultado 20 de dic. 2021. Disponible en <https://www.pgwseeds.com.ar/notas/7/sorgos-bmr-para-pastoreo/>.

68. McCuiston, K. C.; McCollum, F. T.; Greene, L. W.; Bean, B.; Van Meter, R.; Vasconcelos, J.; Silva, J. 2003. Performance of steers grazing photoperiod-sensitive and brown midrib varieties of sorghum-sudangrass. Texas, Texas Cooperative Extension. s.p.
69. _____.; _____.; _____.; MacDonald, J.; Beant, B. 2011. Performance of stocker cattle grazing 2 sorghum-sudangrass hybrids under various stocking rates. The Professional Animal Scientist. 27(2): 92 - 100.
70. Mader, T. L.; Davis, M. S.; Brown-Brandl, T. 2006. Environmental factor influencing heat stress in feedlot cattle. (en línea). Journal of Animal Science. 84(3): 712 - 719. Consultado 17 ene. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.2527/2006.843712x>.
71. Maraschin, G. E.; Moojen, E. L.; Ecosteguy, C. M. D.; Correa, F. L.; Apesteguia, E. S.; Boldrini, I. J.; Riboldi, J. 1997. Native pasture, forage on offer and animal response. In: International Grassland Congress (18°, 1997, Saskatoon). Proceedings. Saskatoon, International Grassland Congress. pp. 27 - 28.
72. Márquez, M. A.; Medina, L. F.; Dick, A. 2015. Efecto del estrés calórico sobre la fertilidad en vacas lecheras. (en línea). Tandil, Argentina. UNCPBA. 50 p. Consultado 11 mar. 2022. Disponible en <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/499/Maquez%20Mariana%20Facultad%20de%20Ciencias%20Veterinari as.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
73. MGA. CIAAB (Ministerio de Ganadería y Agricultura, Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger, UY). 1974. Sorgo granífero. (en línea). La Estanzuela, CIAAB. 35 p. (Boletín de Divulgación no. 25). Consultado 14 ene. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5900/1/CIAAB-BD-25-1974.pdf>.
74. Mieres, J. M. 2004. Guía para la alimentación de rumiantes. (en línea). Montevideo, INIA. 80 p. (Serie Técnica no.142). Consultado 15 dic. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2887/1/111219240807141556.pdf>.

75. Montans, M. E.; Montefiori, M. P.; Turcatti, M. A. 2021. Determinación de la producción estivo otoñal del 1er. año de dos mezclas forrajeras perennes de diferente composición. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 117 p.
76. Montossi, F.; Soares, J. M.; Cuadro, R. 2020. Uso estratégico de sorgos forrajeros y suplementación en sistemas ganaderos: una alternativa tecnológica INIA para acelerar la recría estival de novillos. (en línea). Revista INIA. no. 62: 9 - 13. Consultado 4 abr. 2022. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/14707/1/Revista-INIA-62-Setiembre-2020-p-9-13.pdf>.
77. Mott, G. O. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: International Grassland Congress (8°, 1960, University of Reading). Proceedings. London, Alden Press. pp. 606 - 611.
78. Murray, F.; Gallego, J. J.; Miñón, D. P.; Barbarossa, R. A. 2010. Verdeos de verano para pastoreo o henificado: una alternativa forrajera de rápido crecimiento. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 19 set. 2021. Disponible en https://produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/171-verdeos_verano.pdf.
79. Oyhamburu, M.; Vecchio, M.; Heguy, B.; Lissarrague, M.; Bolaños, V.; Fernández, F.; Delgado, J. 2018. Curso de Forrajicultura y Praticultura. (en línea). Buenos Aires, Universidad Nacional de La Plata. v.2, 102 p. Consultado 24. nov. 2021. Disponible en https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/39884/mod_resource/content/1/2Tomo%20II%202018.pdf.
80. Parga, J.; Teuber, N.; Balocchi, O.; Anwandter, V.; Canseco, C.; Abarzúa, A.; Lopetegui, J.; Demanet, R. 2007. Comportamiento del animal en pastoreo. (en línea). In: Teuber, N.; Balocchi, O.; Parga, J. eds. Manejo del pastoreo: proyecto FIA. Osorno, Fundación para la Innovación Agraria. pp. 69 - 90. Consultado 18 nov. 2021. Disponible en <http://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/2080>.
81. Petryna, A.; Bavera, G. A. 2002. Etología. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 3 oct. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/etologia_en_general/07-etologia.pdf.

82. Pigurina, G.; Methol, M. 2004. Tabla de contenido nutricional de pasturas y forrajes del Uruguay. (en línea). In: Mieres, J. M. ed. Guía para la alimentación de rumiantes. Montevideo, INIA. pp. 1 - 6. (Serie Técnica no. 142). Consultado 15 oct. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7855/1/st-142-2004-p.1-11.pdf>.
83. Polanía, Y.; Mora, J.; Serrano, R.; Piñeros, R. 2013. Movimiento de ganado en pastoreo en un sistema silvopastoril del valle cálido del Magdalena tolimese (Colombia). *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. 6: 59 - 67.
84. Poppi, D.; Hughes, T.; L'Huillier, P. 1987. Intake of pasture by grazing ruminants. In: Nicol, A. M. ed. *Livestock feeding on pasture*. Hamilton, New Zealand Society of Animal Production. pp. 55 - 63.
85. Portillo, P. A.; Meneses, D. H.; Lagos, E.; Duter, M. E.; Castro, E. 2021. Valor nutritivo de mezclas forrajeras en épocas seca y de lluvias en Nariño, Colombia. (en línea). *Agronomía Mesoamericana*. 32(2): 556 - 572. Consultado 18 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.15517/am.v32i2.43207>.
86. Procampo. s.f.a. Sorgo Forrajero Talismán BMR. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 10 mar. 2022. Disponible en <https://www.procampouruguay.com/cultivos-de-verano/sorgo-forrajero-talisman-bmr>.
87. Procampo. s.f.b. Sorgo: Green Supremo. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 10 mar. 2022. Disponible en <https://www.procampouruguay.com/cultivos-de-verano/sorgo-green-supremo>.
88. Quinodoz, J. E. 2012. Utilización de pasturas: desmitificando la eficiencia de cosecha. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 14 nov. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/156-eficiencia.pdf.

89. Reinosso, V.; Soto, C. 2006. Cálculo y manejo en pastoreo controlado: II) Pastoreo rotativo y en franjas. (en línea). Revista Veterinaria. 41(161-162): 15 - 24. Consultado 8 set. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/C-Soto/publication/343065496_Calculo_y_manejo_en_pastoreo_controlado_II_Pastoreo_rotativo_y_en_franjas/links/5f157970a6fdcc3ed718ba56/Calculo-y-manejo-en-pastoreo-controlado-II-Pastoreo-rotativo-y-en-franjas.pdf.
90. Robson, S. 2007. Prussic acid poisoning in livestock. (en línea). Primefacts. feb. 2007. 3 p. Consultado 21 ene. 2022. Disponible en <https://www.beefcentral.com/wp-content/uploads/2019/02/NSW-DPI-Prussic-acid-poisoning-in-livestock.pdf>.
91. Roca Cedeño, A. 2011. Efecto del estrés calórico en el bienestar animal, una revisión en tiempo de cambio climático. (en línea). Revista Espamciencia. 2(1): 15 - 25. Consultado 23 feb. 2022. Disponible en http://190.15.136.171/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/39.
92. Rovira, P. 2002. Efecto de la sombra artificial en el engorde de novillos durante los meses de verano (en línea). In: Jornada anual de producción animal: resultados experimentales (2002, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Treinta y Tres, INIA. pp. 79 - 95. (Serie Actividades de Difusión no. 294). Consultado 10 nov. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/14445110313125711.pdf>.
93. _____.; Echeverría, J. 2013. Desempeño productivo de novillos pastoreando sudangras o sorgo forrajero nevadura marrón (BMR) durante el verano. (en línea). Revista Veterinaria. 24(2): 91 - 96. Consultado 22 set. 2021. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1669-68402013000200003&script=sci_arttext&lng=en.

94. Scarlato, S. 2011. Conducta de vacas de cría en pastoreo de campo nativo: Efecto de la oferta de forraje sobre la expresión del patrón temporal y espacial de pastoreo. (en línea). Tesis Mag. en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 71 p. Consultado 21 set. 2021. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/1826/1/0067sca.pdf>.
95. Schild, E. I. 2012. Utilización de sorgo diferido como recurso invernal ganadero en un rodeo de cría en el noroeste de la provincia de Buenos Aires. (en línea). Trabajo Final de Ing. en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Córdoba, Argentina. Pontificia Universidad Católica Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias. Consultado 10 set. 2021. Disponible en <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/448/1/doc.pdf>.
96. Sollenberger, L. E.; Vanzant, E. S. 2011. Interrelationships among Forage Nutritive Value and Quantity and Individual Animal Performance. Crop Science. 51: 420 - 432.
97. Suárez, E.; Reza, S.; García, F.; Pastrana, I.; Díaz, E. 2011. Comportamiento ingestivo diurno de bovinos de ceba en praderas del pasto Guinea (*Panicum maximum* cv. Mombasa). (en línea). Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 12(2): 167 - 174. Consultado 10 mar. 2022. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945031011.pdf>.
98. _____.; _____.; _____.; _____.; _____.; Cuadrado, H.; Espinosa, M. 2012. Efectos de las condiciones ambientales sobre el comportamiento ingestivo en bovinos de carne en un sistema intensivo en el Valle del Sinú. (en línea). Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 13(2): 207 - 212. Consultado 17 nov. 2021. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945033011.pdf>.
99. Tranier, E.; Mayo, A. 2014. Sorgos para pastoreo: criterios a tener en cuenta para la realización de este recurso forrajero. (en línea). Desafío 21. 20(38): 26 - 27. Consultado 10 set. 2021. Disponible en <https://inta.gob.ar/documentos/revista-desafio-21-nro.-38>.

100. Trujillo, A.; Uriarte, G. 2011. Valor nutritivo de las pasturas. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. s.p. Consultado 29 nov. 2021. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/ALIMENTOS%20RUMIANTES/Trujillo Uriarte.VALOR NUTRITIVO PASTURAS.pdf>.
101. Ungar, E. D. 1996. Ingestive behaviour. In: Hodgson, J.; Illius, A. W. eds. The ecology and management of grazing systems. Wallingford, CAB International. pp. 185 - 218.
102. Vaz Martins, D. 2000. Pastoreo de sorgo para engorde de ganado: otra alternativa para el verano. (en línea). Revista del Plan Agropecuario. no. 94: 31 - 36. Consultado 25 oct 2021. Disponible en http://planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R94/R94_31.htm.
103. _____. 2003. Avances sobre el engorde de novillos en forma intensiva. (en línea). Montevideo, INIA. 33 p. (Serie Técnica no. 135). Consultado 10 mar. 2022. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807141415.pdf>.
104. Vieragro Inversiones. s.f. Descripción de grupos de suelos CO.N.E.A.T. (en línea). Montevideo, s.p. Consultado 17 ene. 2022. Disponible en https://vieragro.com.uy/wp-content/uploads/2019/05/descripcion_de_grupos_de_suelos_coneat-1.pdf.
105. Velásquez, R. 2005. Selectividad animal de forrajes herbáceos y leñosos en pasturas naturalizadas en función de épocas, manejo y condición de paisaje en Muy Muy, Nicaragua. (en línea). Tesis Mag. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 87 p. Consultado 11 mar. 2022. Disponible en https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4504/Selectividad_animal_de_forrajes_herbaceos_y_lenosos.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

106. Vilaró, D. 2007. Evaluación de sorgo forrajero para pastoreo, moha y mijo. (en línea). In: INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de sorgo forrajero, moha y mijo. Montevideo, INIA. pp. 2 - 15. Consultado 23 oct 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11578/1/SorgoForrajeroPeriodo2006.pdf>.
107. Wade, M. H.; Agnusdei, M. 2001. Morfología y estructura de las especies forrajeras y su relación con el consumo. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 26 dic. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/76-morfologia_y_structura_de_forrajeras.pdf.

9. ANEXOS

Anexo No. 1. Peso inicial/final y Ganancias de peso de cada animal en el primer ciclo de pastoreo.

Caravana	Tratamiento	Peso Inicial (kg)	Peso final (kg)	Ganancia Total (kg)	Días	Ganancia diaria (kg/día)
432	FS	538	590	52	36	1,44
6259	FS	506	556	50	36	1,39
426	FS	554	590	36	36	1,00
428	BMR	540	574	34	36	0,94
427	FS	544	588	44	36	1,22
420	BMR	514	558	44	36	1,22
424	FS	518	566	48	36	1,33
422	BMR	524	566	42	36	1,17

Anexo No. 2. Peso inicial/final y Ganancias de peso de cada animal en el segundo ciclo de pastoreo.

Caravana	Tratamiento	Peso Inicial (kg)	Peso final (kg)	Ganancia Total (kg)	Días	Ganancia diaria (kg/día)
2382	FS	471	482	11	21	0,52
2386	FS	461	474	13	21	0,62
2399	FS	482	492	10	21	0,48
4025	BMR	460	473	13	21	0,62
4040	BMR	496	508	12	21	0,57
4045	FS	405	416	11	21	0,52
6281	BMR	421	433	12	21	0,57
8570	FS	504	516	12	21	0,57

Anexo No. 3. Ganancia media diaria primer ciclo de pastoreo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ganancia de peso	8	0,67	0,53	9,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,15	2	0,07	5,02	0,0638
Tratamiento	0,08	1	0,08	5,41	0,0675
Peso Inicial	0,09	1	0,09	6,48	0,0516
Error	0,07	5	0,01		
Total	0,22	7			

Test: Tukey. Alfa=0,10 DMS=0,17736

Error: 0,0145 gl:5

Trat	Medias	n	E.E.	
FS	1,29	5	0,05	A
BMR	1,08	3	0,07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Anexo No. 4. Ganancia media diaria segundo ciclo de pastoreo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ganancia de peso	8	0,23	0,00	9,21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,9E-03	2	1,9E-03	0,73	0,5279
Tratamiento	3,8E-03	1	3,8E-03	1,44	0,2832
Peso Inicial	1,1E-04	1	1,1E-04	0,04	8449
Error	0,01	5	2,6E-03		
Total	0,02	7			

Test: Tukey. Alfa=0,10 DMS=0,07571

Error: 0,0026 gl: 5

Trat	Medias	n	E.E.	
BMR	0,59	3	0,03	A
FS	0,54	5	0,02	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Anexo No. 5. Ganancia media diaria promedio por tratamiento

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GMD	16	0,49	0,42	31,08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	0,97	2	0,48	6,36	0,0118	
Tratamiento	2,7E-03	1	2,7E-03	0,04	0,8527	
Peso Inicial	0,95	1	0,95	12,54	0,0036	0,01
Error	0,99	13	0,08			
Total	1,95	15				

Test: Tukey. Alfa=0,10 DMS=0,25189

Error: 0,0759 gl: 13

Trat	Medias	n	E.E.	
FS	0,90	10	0,09	A
BMR	0,87	6	0,11	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Anexo No. 6. Disponibles vs Remanentes



Anexo No. 7. Heterogeneidad dentro de la parcela



Anexo No. 8. BMR en estado reproductivo en el segundo ciclo de pastoreo



Anexo No. 9. Ganancia media diaria en relación a la MS hoja Disponible

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GMD	16	0,92	0,88	13,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	1,79	4	0,45	29,76	<0,0001	
Ms Hojas	0,82	3	0,27	18,30	0,0001	
Peso Inicial	0,01	1	0,01	1,00	0,3391	-1,2E-03
Error	0,17	11	0,02			
Total	1,95	15				

Test: Tukey. Alfa=0,10 DMS=0,23143

Error: 0,0150 gl:11

MS hojas	Medias	n	E.E.	
2113,50	1,32	5	0,07	A
1360,37	1,15	3	0,08	A
830,34	0,54	3	0,08	B
668,53	0,50	5	0,07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)