

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

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

por

**Romina BLANCO CARDOZO
Micaela WALLER TOURN**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2022**

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. Esp. MSc. Ramiro Zanoniani

Ing. Agr. PhD. Javier García Favre

Ing. Agr. MSc. David Silveira

Fecha: -----

Autor: -----

Romina Blanco Cardozo

Micaela Waller Tourn

AGRADECIMIENTOS

A nuestro tutor Ing. Agr. Esp. MSc. Ramiro Zanoniani, por el apoyo, por habernos guiado en el desarrollo de este trabajo y por la dedicación brindada durante todo el transcurso de realización de la tesis.

Al personal de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, en particular a los funcionarios encargados de la producción vegetal, al equipo de personas que trabaja en el laboratorio y al personal de biblioteca.

A nuestros compañeros Edgardo Bonjour y Ramiro Olivera, con quienes compartimos la etapa de campo de esta investigación, por brindarnos constantemente una gran ayuda.

A Mag. Stephanie Colombo y Lic. Eugenia Ortiz, por su dedicación y guía en los aspectos formales de la presentación de la tesis.

A las personas que nos ayudaron en varias oportunidades durante la realización del trabajo.

A nuestras familias y amigos, por acompañarnos y brindarnos su apoyo incondicional siempre, por su constante motivación y sostén durante toda la carrera.

Tabla de contenido

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	V
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. CULTIVO DEL SORGO FORRAJERO	3
2.2. MANEJO DEL PASTOREO.....	4
2.2.1. Conceptos generales	4
2.2.2. Pastoreo de especies tropicales	6
2.2.3. Rebrote post-pastoreo.....	10
2.3. RESPUESTA DE LAS PLANTAS FORRAJERAS AL PASTOREO.....	15
2.3.1. Producción de materia seca y digestibilidad	16
2.3.2. Utilización.....	20
2.3.3. Estructura.....	21
2.4. ATRIBUTOS DE LA PASTURA QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO ANIMAL.....	27
2.4.1. Valor nutritivo	28
2.4.2. Disponibilidad y estructura del forraje	33
2.5. TIPOS DE SORGO FORRAJERO.....	35
2.5.1. Características de híbridos (BMR y fotosensitivos).....	35
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	45
3.1. LOCALIZACIÓN	45
3.2. SUELO.....	45
3.3. PERÍODO	45
3.4. MATERIAL EXPERIMENTAL	45
3.5. TRATAMIENTOS.....	46

3.6.	CROQUIS DEL EXPERIMENTO	47
3.7.	DISEÑO EXPERIMENTAL	47
3.8.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	48
3.8.1.	Manejo de la pastura	48
3.9.	DETERMINACIONES REALIZADAS	48
3.9.1.	Características de las semillas sembradas	48
3.9.2.	Implantación	49
3.9.3.	Determinaciones previo a cada pastoreo	49
3.9.4.	Determinaciones luego de cada pastoreo	50
3.9.5.	Uso del agua	51
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
4.1.	DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE	52
4.1.1.	Temperatura	52
4.1.2.	Precipitaciones	54
4.2.	IMPLANTACIÓN	57
4.3.	ALTURA DEL FORRAJE	57
4.3.1.	Altura del disponible	57
4.3.2.	Altura del remanente	59
4.3.3.	Utilización en altura	61
4.4.	NUDOS	63
4.5.	DISPONIBILIDAD DE FORRAJE	65
4.5.1.	Forraje disponible	65
4.5.2.	Forraje remanente	70
4.5.3.	Forraje desaparecido	72
4.6.	UTILIZACIÓN DEL FORRAJE	78
4.6.1.	Porcentaje de utilización del forraje disponible	78
4.7.	COMPOSICIÓN BOTÁNICA	79
4.7.1.	Composición botánica del forraje disponible	79

4.8.	USO DEL AGUA.....	87
4.9.	PRODUCCIÓN DE FORRAJE.....	88
4.9.1.	Dos pastoreos.....	88
4.9.2.	Primer y segundo pastoreo.....	91
4.9.3.	Producción de forraje y su relación con otros parámetros medidos 93	
4.9.4.	Tasa de crecimiento.....	94
4.10.	CONSIDERACIONES FINALES.....	96
5.	CONCLUSIONES.....	99
6	RESUMEN.....	100
7.	SUMMARY.....	101
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	102
9.	APÉNDICES.....	121

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
Cuadro No. 1. Composición química del sorgo forrajero	31
Cuadro No. 2. . Producción de materia seca (Kg/ha) para dos cultivares de sorgo forrajero. Evaluación 2019/2021	44
Cuadro No. 3. Promedio del porcentaje de germinación en función de tres repeticiones.....	48
Cuadro No. 4. Precipitaciones (mm) ocurridas en la zafra 20/21 por pastoreo.	55
Cuadro No. 5. Altura (cm) promedio del forraje disponible para el primer pastoreo, 2do pastoreo y para todo el período.....	58
Cuadro No. 6. Altura remanente (cm) para cada pastoreo.....	59
Cuadro No. 7. Utilización en altura (cm) para todo el período evaluado y para el primer y segundo pastoreo.....	61
Cuadro No. 8. . Forraje disponible (kg/ha de MS) para cada tratamiento al primer pastoreo.....	65
Cuadro No. 9. Forraje disponible promedio (kg/ha de MS) para cada tratamiento al 2do pastoreo.....	67
Cuadro No. 10. Forraje remanente (kg/ha de MS) para el 1er, 2do pastoreo y promedio.....	70
Cuadro No. 11. Forraje desaparecido (kg/ha de MS) primer y segundo pastoreo y total.....	73
Cuadro No. 12. Porcentaje de utilización (desaparecido) del forraje disponible para todo el período evaluado.....	78
Cuadro No. 13. Hoja disponible (%) 1er, 2do pastoreo y total.....	80
Cuadro No. 14. Tallo disponible (%) 1er, 2do pastoreo y total.....	81
Cuadro No. 15. . Relación hoja/tallo del forraje disponible	85
Cuadro No. 16. Uso del agua (kg de MS/ha/mm) para el 1er y 2do pastoreo.....	87
Cuadro No. 17. Producción total de forraje (kg/ha de MS) durante todo el período experimental.....	89
Cuadro No. 18. Producción de forraje (kg/ha de MS) para el 1er y 2do pastoreo.....	91
Figura No. 1. Diagrama representativo de los bloques I, II y III. Referencias: (P) Parcela; (B) Bloque.....	47
Figura No. 2. Temperatura mínima y máxima diaria para el período noviembre 2020/ mayo 2021, Paysandú.....	52

Figura No. 3. Temperatura media (° C) para el periodo noviembre-abril 2020/2021 y serie histórica 2002/2018 en Paysandú.	53
Figura No. 4. Precipitaciones ocurridas entre 1/11/20 y el 30/04/21 y serie histórica de precipitaciones de 2002 hasta 2018, en Paysandú.	54
Figura No. 5 Agua disponible en el suelo para la estación de crecimiento del cultivo. .	56
Figura No. 6. Nudos promedio del forraje disponible. Letras distintas indican diferencias significativas al 5 %.....	63
Figura No. 7. a: Relación entre disponibilidad de forraje (kg /ha de MS) y altura disponible (cm) para todo el período para el sorgo tipo FS. b: Relación entre disponibilidad de forraje (kg /ha de MS) y altura disponible (cm) para todo el período para el sorgo tipo BMR.....	68
Figura No. 8. a. Relación entre el forraje remanente (kg/ha de MS) en función de altura remanente (cm) para el 1er y 2do pastoreo para sorgo FS. b: Relación entre el forraje remanente (kg/ha de MS) en función de altura remanente (cm) para el 1er y 2do pastoreo para sorgo BMR.....	71
Figura No. 9. a: Relación entre altura disponible (cm) y el forraje desaparecido (kg/ha de MS) para todo el periodo de evaluación del sorgo tipo FS. b: Relación entre altura disponible (cm) y el forraje desaparecido (kg/ha de MS) para todo el período de evaluación del sorgo tipo BMR.	74
Figura No. 10. a: Relación entre forraje desaparecido (kg/ha de MS) y forraje disponible (kg/ha de MS), para todo el período experimental para el sorgo tipo FS. b: Relación entre forraje desaparecido (kg/ha de MS) y forraje disponible (kg/ha de MS), para todo el período experimental para el sorgo tipo BMR.....	76
Figura No. 11. Relación entre forraje desaparecido (kg/ha de MS) y forraje disponible (kg/ha de MS), para el primer pastoreo para los dos tratamientos.	77
Figura No. 12. Relación entre disponibilidad de tallo y hoja (kg/ha de MS) y altura disponible (cm) para todo el período.....	82
Figura No. 13. Relación entre altura remanente (cm) del 1er pastoreo y disponible de hoja (kg/ha MS) al 2do pastoreo.....	84
Figura No. 14. Producción de MS (kg /ha) para cada pastoreo.	92
Figura No. 15. Relación entre producción forraje (kg/ha de MS) y altura disponible para todo el período experimental para los dos tratamientos.	93
Figura No. 16. . Relación entre forraje remanente (kg/ha de MS) al 1er pastoreo y producción de forraje (kg/ha de MS) en el 2do pastoreo para los dos tratamientos.....	94
Figura No. 17. Tasa de crecimiento del forraje MS (kg/ha/día) según número de pastoreo.....	95

1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay, la utilización de verdeos de verano es muy común dado que en esta estación del año existen marcados déficits en la oferta de forraje afectando el desempeño animal.

El uso de un verdeo de verano como el sorgo forrajero para pastoreo directo, es una alternativa que muchos productores tienen en cuenta desde hace muchos años. En muchos establecimientos, en su mayoría lecheros, el déficit forrajero en general no solo se restringe al verano, sino que se extiende también cierta parte del otoño, donde muchas praderas se encuentran en fase de implantación.

Por este motivo, en nuestro país la utilización de dicho verdeo es principalmente en lechería, mientras que en el engorde de ganado es poco usado. Esto último se puede asociar a los altos costos que implica la implementación del sorgo, y la falta de conocimiento que hay sobre el potencial que tiene en la producción de carne.

El sorgo forrajero tiene como característica distintiva, el gran aporte de forraje en un corto período de tiempo, dado su crecimiento, su capacidad de macollaje y rebrote y la gran precocidad para su primer pastoreo, sumado a una calidad moderada en casi todos los suelos. También se destaca la alta eficiencia de estas plantas en el uso del agua, en períodos comúnmente restrictivos de la misma (Carámbula, 2007).

Con respecto al pastoreo, es recomendable una altura de ingreso de unos 65-70 cm, y que los pastoreos sean poco frecuentes y poco intensos, dejando un remanente de 15 cm aproximadamente. Estas consideraciones permiten reducir el riesgo de intoxicación por ácido cianhídrico (HCN) por parte de los animales y permitir un buen rebrote (Carámbula, 2007).

Por otro lado, se debe destacar que en el caso de no utilizar el verdeo en pastoreo, presenta la ventaja de que es posible destinarlo a otros usos como ensilaje, henolaje, henilaje, entre otros.

Existen en la actualidad diferentes tipos de sorgos, con características que varían según su producción y calidad, que inciden en el uso y manejo al momento del pastoreo. Los que más se destacan por su adaptación al pastoreo en nuestras condiciones son el sorgo híbrido (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) y sudangrass. Para este trabajo se utilizaron dos tipos diferentes,

BMR (nervadura marrón o Brown Middle Rib en inglés) y fotosensitivo (el cual retrasa su entrada a floración).

La primera variedad, presenta menor contenido de lignina en la planta, lo que la hace de mayor palatabilidad y digestibilidad, permitiendo un mayor consumo de tallos (Barbera y Benítez, 2016). En cambio, la segunda variedad, presentan requerimientos de días cortos para inducir la floración, lo cual tiene ventajas en el pastoreo ya que permite flexibilizar el momento de utilización, pastoreando una planta menos encañada, con mayor porcentaje de tallo y hoja, y por tanto mayor digestibilidad (Aello et al., 2018).

En base a lo anteriormente mencionado, el objetivo principal del trabajo es evaluar la producción de forraje y sus componentes de dos tipos de sorgos con y sin requerimientos para florecer bajo pastoreo, es decir si existen diferencias entre los materiales evaluados.

En tanto como objetivos específicos, se plantean:

- evaluar la producción total de materia seca disponible según el tipo de sorgo.
- evaluar la materia seca disponible según los componentes de la planta (hoja, tallo, vaina, lámina).

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CULTIVO DEL SORGO FORRAJERO

El verdeo estival conocido como sorgo forrajero es muy interesante ya que presenta una muy buena producción en comparación a otros verdeos como son la moha y milho, así como también frente al maíz por poseer una gran capacidad de rebrote. Actualmente se ha mejorado aún más la producción de biomasa, así como también el rebrote, sumado a un aumento en la relación hoja/tallo que mejora el aprovechamiento, dado por el pastoreo directo de los animales, y la calidad para la confección de henos. Se destaca también que cuando se necesita alta producción, para ser pastoreado en más de una ocasión, se debe elegir un cultivar del tipo forrajero como puede ser el fotosensitivo, el sudán o sudán BMR (Carrasco et al., 2011).

Se recomienda como época de siembra entre fines de octubre y noviembre, ya que se necesita una temperatura en el suelo de unos 18-20 grados Celsius, teniendo que ser sembrado en línea, para que de esta manera los animales puedan transitar mejor, con una profundidad de 2-3 centímetros y una densidad de 15-20 kilos por hectáreas (Farías, 2015).

Salas (2006) afirma que el sorgo, por ser una especie de origen tropical, requiere temperaturas altas para su normal desarrollo. Para su germinación, la temperatura óptima del suelo es de 18° C o superior, a 5 cm de profundidad. En Uruguay estas condiciones se dan a partir de la primera quincena de octubre, dependiendo del año.

En zonas que presentan amplia fluctuaciones de temperatura y humedad, en las cuales se puede producir con frecuencia períodos más o menos prolongados de sequía, provocando falta de forraje en dos momentos, (verano e invierno) y por lo tanto será necesario un aporte extra de forraje, al que puedan brindar las pasturas. Dicho aporte se puede lograr mediante la utilización de los distintos sorgos forrajeros, los cuales han demostrado ser un recurso forrajero imprescindible en zonas con limitantes de humedad y calidad de suelos (Di Buo, 2010a).

El sorgo forrajero híbrido, se origina a partir del cruzamiento de sudangrass y sorgo granífero. Se caracteriza por su gran precocidad, proporciona el primer pastoreo antes que el sudangrass, y logra la máxima producción en enero – febrero, a una tasa de crecimiento que se sitúa en algo más de 100 kg MS/ha/día. Tiene buena capacidad de rebrote y macollaje (Carámbula, 2007).

Algunos de los materiales evaluados en la actualidad son: Chomper, Niagara IV, Pangaré, entre otros, según la evaluación de cultivares INIA-INASE de la zafra 2020/2021.

Según Fassio et al. (2002), el rastrojo de sorgo puede ocasionar problemas en el cultivo siguiente si no se maneja de manera adecuada, esto dado la alta relación C/N que tiene su rastrojo.

Los autores Trainer y Mayo (2014), pudieron concluir que el sorgo forrajero es una muy buena alternativa para la ganadería durante el verano. El éxito del cultivo está definido por la elección del material, y también por el manejo adecuado antes y luego de la siembra que permita disminuir el riesgo que pueda presentarse por ser un cultivo anual.

2.2. MANEJO DEL PASTOREO

2.2.1. Conceptos generales

La intensidad de pastoreo, se define como la proporción de forraje removido, en relación a la disponibilidad de forraje inicial, mientras que la frecuencia de pastoreo como el número de defoliaciones en cierto período de tiempo o como el intervalo de tiempo entre sucesivas defoliaciones (Hodgson, 1979).

La presión de pastoreo, a diferencia de la intensidad de pastoreo, toma en cuenta también la cantidad de animales, por lo que Hodgson (1979) la define como el número de animales de cierta categoría en relación a cierta disponibilidad de forraje. Siendo entonces una medida instantánea de la relación entre animales y forraje.

En diferencia a lo mencionado anteriormente, del Pozo (2002) menciona que la intensidad de pastoreo, expresada en UGM días/ha, no expresa una relación entre la pastura y el animal como si lo hace la presión de pastoreo, sino que indica la cantidad de materia seca disponible de pastura por cada 100 kg de peso vivo por día. Mott (1960) define a la presión de pastoreo también, como el número de animales por unidad de forraje disponible.

Del Pozo (2002) también sostiene que a mayor intensidad de pastoreo el área foliar de la pastura se ve reducida, y esto afecta el crecimiento de la pastura, ya que se da una menor tasa de crecimiento y una mayor removilización de

reservas, dependiendo la magnitud de con que se defolia y la especie de la planta.

Por su parte, Parga et al. (2007) mencionan que la intensidad de pastoreo, hace referencia a la severidad con que se utiliza una pradera. Dicha intensidad determina cuánto se debe pastorear un potrero o franja, y a su vez regula lo que consumen los animales y con qué eficiencia se utiliza la pradera. También la intensidad afecta la cantidad de materia residual del cual partirá el rebrote, afectando la velocidad del mismo. Así mismo estos autores afirman que se evalúa a partir de la estimación de la cantidad de material residual y/o de la altura promedio, y que se puede controlar ajustando la cantidad de pradera que se asigna cada día, o la cantidad de días que permanecerán los animales en ese lugar.

Según Cruz et al. (2017), muchos de los estudios en forraje se basan en la producción de materia seca y el valor nutritivo, y no se tienen en cuenta las características morfogénicas y estructurales de las plantas, en cómo estas influyen en el rebrote y la persistencia de las especies forrajeras.

Según Formoso (1996), la productividad de forraje que se obtenga y longevidad de los individuos depende en gran medida del manejo que se aplique durante la defoliación.

Hodgson (1979) define la asignación de forraje, como la cantidad de forraje asignada por unidad de peso vivo de animal, siendo esta una buena manera de demostrar el equilibrio entre oferta y demanda.

En relación a lo citado anteriormente, Lombardo (2012) define también a la asignación de forraje, como los kilogramos de pasto que se le ofrece a los animales, expresado en kilogramos de materia seca de pasto cada 100 kilogramos de peso vivo por día. Menciona además que al definir la asignación de forraje, se incide sobre la ganancia individual y sobre la utilización de pasto.

Formoso (1996), afirma que la frecuencia así como también la intensidad de cortes modifica la cantidad de meristemas refoliadores, los niveles de energía que tendrán disponibles los mismos y las tasas de crecimiento de los rebrotes. También destaca que dichos efectos, según cual sea el manejo de defoliación que se realice, varían con la estación del año y de cuales sean las características morfofisiológicas de cada especie.

Mott (1960) determinó a través de un estudio su modelo, donde ajusta la presión de pastoreo en el lugar donde se obtiene la mayor producción de forraje por unidad de superficie, al máximo desempeño individual alcanzable.

Lombardo (2012) define a la utilización de forraje, también denominada eficiencia de cosecha, a la cantidad de forraje consumida del total ofrecido. Destaca que existe una relación entre ésta y el aprovechamiento del forraje, ya que cuando se restringe la oferta de forraje a los animales, se logra cosechar más del mismo.

Para la utilización de pastos y forrajes, la altura y el momento de cosecha, son factores a tener en cuenta a la hora de llevar adelante el manejo, ya que ambos factores influyen en el comportamiento morfofisiológico y en la producción. La edad conjuntamente con la altura de corte o pastoreo también ejercen diferentes respuestas, en cuanto al rebrote, dado por la alta relación que tienen con la acumulación y distribución de asimilatos así como también con el balance de reservas. La altura ya sea de corte o pastoreo es determinante en cómo crecen los pastos, ya que presenta una fuerte relación con la remoción de los puntos de crecimiento que ocurren durante la cosecha y el balance de carbohidratos de reservas (del Pozo, 2002).

La productividad y estabilidad de los pastizales es afectada por la carga animal. Dentro de las mismas, la composición botánica, la cantidad de forraje disponible, el crecimiento, así como también la calidad forrajera, la estructura física de la pastura, entre otras. Pero lo que más influye en la respuesta del pastizal es la intensidad de pastoreo, que está dada principalmente por la carga animal (Luisoni, 2010).

2.2.2. Pastoreo de especies tropicales

Las gramíneas C4 presentan alta producción de forraje, alta eficiencia fotosintética y de uso del agua. Para maximizar la producción de forraje y utilización, hay que tener en cuenta dichas características y realizar defoliaciones intermitentes con pastoreo rotativo (Bueno et al., 2004). Por su parte Lagomarsino y Montossi (2014) destacan que la buena utilización de los sorgos depende en gran medida del manejo del sistema de pastoreo que se aplica al verdeo, pero también de la carga animal con la cual se pastorea.

Las características anatomo-fisiológicas que presentan las gramíneas tropicales, le confieren adaptación y elevada potencialidad productiva a los ecosistemas de pastos en nuestras regiones (del Pozo, 2004). Es un complemento ideal de la mayoría de las pasturas de la región, generalmente compuestas de especies C3, y el sorgo al ser C4, es eficiente en la utilización del agua, y provee forraje a altas temperaturas (Carámbula, 2007).

Los verdeos de verano deben llevar adelante un manejo racional para que se logre un balance entre producción de pasto y calidad. Por tanto, en especies tropicales, en pastoreos pocos intensos, se eliminan menos meristemas apicales generando incremento en la velocidad y vigor del rebrote (Gomide et al., citado por Gabard y Russi, 2005). También la acción conjunta del IAF residual con alta cantidad de reservas fisiológicas en la planta, un mejor crecimiento de las raíces y menor eliminación de puntos de crecimiento, favorecen rápidamente a la recuperación de las plantas luego de ser pastoreadas (Martha et al., 2004).

Carámbula (2007) afirma que la producción de sorgo forrajero para pastoreo directo, se da en los meses de verano, coincidiendo con el periodo crítico de digestibilidad de forraje en dicho momento, y siendo además la manera de consumirlo que menos inversión necesita. Menciona además que si se maneja de manera inadecuada, dado por sembrar amplias extensiones, donde se pastorea con bajas dotaciones y pastoreos tardíos, se producen plantas encañadas o florecidas, que terminan llevando a pérdidas en calidad y cantidad de forraje.

A su vez el sorgo, puede ser utilizado estratégicamente en distintos momentos del año, en verano en pastoreo directo o transfiriendo el forraje generado hacia el invierno, a través de tecnologías como el diferimiento en pie, la henificación o el ensilado. Su uso puede ser bajo pastoreo o como reserva, los verdeos de verano estabilizan la oferta de forraje en los sistemas de producción de base pastoril (Aello et al., 2018).

Con respecto al manejo de pastoreo directo, se concentra en los meses de enero, febrero y marzo por la producción de forraje de los sorgos forrajeros, y coincide con el periodo crítico estival de digestibilidad de forraje y es la forma de utilización que requiere menos inversión (Carámbula, 2007). Por esto el autor Vaz Martins (2000), asegura que para lograr una adecuada utilización del sorgo mediante pastoreo directo el manejo se vuelve fundamental.

También otro autor, afirma que en cuanto al manejo del pastoreo, y un posterior corte de los remanentes, la producción de forraje así como también la productividad animal se ven afectadas, habiendo diferencias según los cultivares evaluados (Berlangieri, 2008). Para esto, hay que tener en cuenta la definición de periodo de descanso y de la intensidad del pastoreo a través de los siguientes aspectos: restauración del área foliar y de las reservas orgánicas, intercepción de luz (95%), tasa media de crecimiento de la pastura, vida útil de las hojas para disminuir las pérdidas por senescencia, relación hoja/tallo, etc. (Gomide y Gomide, 2002).

Por lo mencionado en el párrafo anterior, al momento del pastoreo hay que tener muy en cuenta las alturas de entrada y salida de la parcela, adecuando el manejo de los animales a través de la carga. Teniendo en cuenta que la tasa de crecimiento es alta, y que el crecimiento se da de manera rápida. Al respecto se plantea como estrategias sembrar escalonadamente cada 10-15 días para aumentar la utilización, emplear el pastoreo rotativo y utilizar altas cargas instantáneas (Vaz Martins, 2000).

En relación también al manejo de pastoreo, se enfatiza la importancia de la intensidad y frecuencia con la que se efectúan, esto significa que cuanto más severas sean las defoliaciones y más acotados los intervalos de tiempo entre ellas, las plantas se verán más afectadas, disminuyendo así la producción de forraje total (Carámbula et al., citados por Carámbula, 2007). También se llegó a que el sorgo forrajero presenta mejor comportamiento bajo frecuencias aliviadas de corte, favoreciendo además un mejor manejo para enfrentar sus niveles mayores de ácido cianhídrico (Wedin, citado por Carámbula, 2007).

La función del sorgo es soportar pastoreos frecuentes, por lo que se debe tener los rebrotes lo antes posible, teniendo en cuenta que cuánto más se atrasa el pastoreo, más demoran los mismos. Además si los pastoreos se realizan muy frecuentemente se retrasa la velocidad del rebrote, pudiéndose ver afectada la población del verdeo (Carámbula, 2007).

En el experimento realizado por Vaz Martins (2000), el manejo realizado a menor altura de remanente mostró resultados más favorables en todas las variables frente al manejado a mayor altura de remanente, y además se comprobó que el sudangrass se comportó como el mejor tipo de sorgo para pastoreo por su calidad, días de pastoreo y capacidad de carga; sin embargo este autor afirma que es mejor hacer con recaudo el manejo del pastoreo que seleccionar entre los diferentes tipos de sorgos existentes.

Según Carámbula (2007) los pastoreos deben respetar la altura de ingreso de 50-60 cm, dado que de lo contrario los animales pueden sufrir intoxicación por ácido cianhídrico, sobre todo cuando se da un crecimiento acelerado posterior a lluvias durante un período de déficit hídrico. Generalmente el primer pastoreo se da a los 45-50 días de la siembra, y es pronto para pastorear otra vez a los 20-30 días posteriores al primer pastoreo, ya que presenta buena capacidad de rebrote y macollaje. También menciona que puede utilizarse con otros fines, como pastoreo y ensilaje.

Carámbula (2007) también menciona que la altura de inicio de pastoreo debe ser cuando las plantas alcanzan una altura de 50 a 60 cm, previo al

encañado, logrando así un mejor aprovechamiento y se debe finalizar el pastoreo cuando el rastrojo es de unos 10-15 cm.

Barbera y Benítez (2016) en concordancia con los demás autores, también afirman que lo ideal para empezar a pastorear el sorgo es cuando la altura es próxima a los 70 cm, o cuando la cobertura del suelo alcanza valores cercanos al 80%; teniendo en cuenta que a medida que se retrasa el primer pastoreo se alcanza una biomasa inicial mayor, y que en las últimas franjas pastoreadas la biomasa es superior, sucediendo lo mismo con la materia seca.

Estos mismos autores, recalcan la importancia de que los últimos pastoreos no sean con alturas mayores a 120 cm, y que de lograr un manejo adecuado se puede alcanzar hasta 3 pastoreos durante el verano y otro durante el otoño. También mencionan que utilizar pastoreo rotativo permite alcanzar una cosecha del 60%. El autor Gallarino (2008), determina que la cantidad de pastoreos pueden ser de 3 a 6, dentro del ciclo vegetativo del sorgo, y varían según la variedad utilizada y la zona donde fue sembrada.

Así mismo, Holt citado por Carámbula (2007) menciona también que se debe iniciar el pastoreo con plantas de 50 a 60 centímetros de altura en promedio, previo a que encañen, ya que ese es el momento en que se alcanza el máximo crecimiento foliar, alrededor de los 75 centímetros, por lo que posterior a dicha altura, el crecimiento es mayoritariamente de tallos.

El sorgo forrajero tiene un crecimiento inicial muy rápido, por eso se deben emplear parcelas de tamaños no muy grandes y con tiempos de ocupación cortos, para que no se produzcan zonas de sub pastoreo ni de sobre pastoreo dentro de la misma (Gallarino, 2008).

Gabard y Russi (2005) analizaron el efecto de diferentes intensidades de pastoreo en las características estructurales y en la producción de *Sorghum sudanense*, encontrando como resultado que al haber una disminución en la intensidad de pastoreo, se ve modificada la partición de fotoasimilados, provocando una mayor producción de materia seca en hojas. También estos autores comprobaron que a mayores intensidades de pastoreo, menores fueron los disponibles en todas las fracciones medidas. En otras palabras, que la materia seca disponible en kg MS/ha promedio para el caso de los tres pastoreos mostró aumentos significativos, a medida que aumentaba la altura del remanente.

Según Berlangieri (2008) manejos intensos en el verdeo provoca bajas importantes en la producción de materia seca, que se pueden ver incrementadas por condiciones ambientales desfavorables. Así mismo, asegura que los resultados que se obtienen durante el pastoreo de este cultivo, dados tanto por

la tasa de crecimiento que ocasiona la producción de forraje, así como la cantidad de materia seca que se ofrece en cada uno de los pastoreos, tienen más relación con el manejo que se realiza que con el cultivar elegido.

Otra práctica que se considera en ciertas ocasiones después del pastoreo es la pasada de rotativa. Carámbula (2007) sostiene que el pasado de la rotativa es conveniente, si luego de retirar los animales quedan cañas altas o macollas florecidas, ya que esta práctica permite obtener un rebrote de mayor calidad y rendimiento. Montossi et al. (2017) aseguran que al momento de la salida de los novillos de la parcela, y si es necesario, una pasada de rotativa puede servir para homogeneizar la altura del cultivo.

Al respecto Berlangieri (2008) afirma que en los casos en que no se dio pasada de rotativa, se da una mayor tasa de crecimiento, y por ende una mayor producción de materia seca, explicada por varios motivos. Posterior a una intensa defoliación, la respiración es mayor a la fotosíntesis, por lo que las plantas usan estructuras carbonadas que tienen como reservas para su crecimiento, estas se encuentran en la base del pseudotallo, por lo que al pasar la rotativa en este tipo de gramíneas erectas, la altura de defoliación no solo afecta al IAF remanente, sino que el nivel de reservas, por lo que la escasez de las mismas, ocasiona una menor producción de forraje. Por lo contrario, en los casos que no se pasa, la mayor productividad está asociada también al mayor número de yemas axilares que quedan en los tallos que no son cortados, por lo que el rebrote se da más rápido y es menos costoso energéticamente para la planta, que si se da el rebrote desde las yemas basales de los tallos si cortados.

Gallarino (2008) asegura que manejar de manera adecuada los remanentes de forraje posteriores al primer pastoreo, con alturas que no sean inferiores a 15-20 cm, y emparejar el corte del mismo con una rotativa, promueve un rápido rebrote y de manera más pareja, que permite para el próximo pastoreo no tener tanta desuniformidad en el material remanente. Relacionado a esto, Bueno et al. (2004) en experimentos realizados sobre pasto Tanzania, encontraron que pastoreos que dejaran remanentes de MS de entre 1700 y 2700 kg/ha permiten mantener la calidad y el potencial productivo para el pastoreo.

2.2.3. Rebrote post-pastoreo

Demagnet y Canales (2020), manifiestan que para pastoreo o pastoreo mecánico, se usan sorgos multi corte, en su mayoría híbridos de sorgo con pasto sudan. Estos rebrotan después de ser utilizados y dependiendo de la fecha de siembra, de la disponibilidad de agua que haya en ese momento y la fertilidad del suelo, será posible tener dos o tres pastoreos durante el verano. Estos mismos

autores más adelante vuelven a afirmar que tanto la disponibilidad hídrica así como también las demás condiciones climáticas son determinantes en la producción, pero que también el residuo post pastoreo incide en el número de utilidades. A su vez, relacionado a esto, Melani (2009) argumenta que el rebrote de los verdes teniendo en cantidad suficiente agua y nutrientes, depende del área foliar remanente post defoliación que le permita realizar fotosíntesis y obtener energía suficiente para crecer.

Benitez et al. (2007), en función de las condiciones climáticas, destacan que la época del año incide en la capacidad de producción de las especies, así como también en la tasa de crecimiento, velocidad con la que se da el rebrote, la relación hoja/tallo y la carga. Además destaca que durante las épocas de mayores restricciones hídricas, la producción de biomasa se vio disminuida, dada la velocidad de rebrote.

Según Parga et al. (2007) a medida que las plantas crecen producen carbohidratos; cuando el proceso de fotosíntesis supera en síntesis a los gastos generados por el crecimiento y la respiración, estas los almacenan como fuente de energía para usarlos durante el rebrote posterior a un pastoreo, momento en el cual la planta tiene un balance energético negativo. Este almacenaje se da en mayor parte en la base de la planta, siendo importante por eso que el pastoreo no sea muy intenso o que se deje un remanente bajo. Inmediatamente al pastoreo, la planta comienza su recuperación generando nueva área foliar, y utiliza los carbohidratos almacenados para ello.

Otros autores, Becerra y Avendaño (1992) en función de lo que se habló anteriormente, aseguran que se han encontrado muchas evidencias de que los carbohidratos de reserva, son utilizados en el rebrote posterior a la defoliación, y que si la misma ocurre antes de que las reservas se hayan recuperado, se puede llegar al agotamiento de las mismas, propiciando la muerte de la planta. Dichos autores además mencionan, que cuando la defoliación se da a mayores alturas, permite a la planta mantener más cantidad de sustancias de reserva que serán soporte para el rebrote, en concordancia con otra bibliografía consultada.

Marchegiani (1985) por su parte, menciona que posterior a un pastoreo o corte, existen diferentes mecanismos que dan energía a la planta por diferentes vías, como puede ser reservas que se acumularon antes o áreas que tienen capacidad fotosintética, o área foliar remanente que tiene la capacidad de sintetizar energía para el rebrote. Este mismo autor afirma que la elevada cantidad de forraje producido en el tiempo depende del método de pastoreo con

que se defolia en gran medida, ya que si es manejado adecuadamente permite a la planta tener condiciones de rebrote eficaces.

El mismo autor asegura que las reservas acumuladas previo al pastoreo conjuntamente con el área foliar remanente (área verde post defoliación), son los mecanismos que intervienen en el rebrote. Dichas reservas se acumulan en la base de los macollos y las raíces. Si la intensidad de pastoreo que se aplica es cada vez mayor, se afecta primero el área foliar remanente y luego también las reservas. Por otra parte, a frecuencias cada vez mayores se afecta la acumulación de reservas en las plantas. Es por esto que frente a defoliaciones intensas, se reduce mucho el área foliar y debe de haber descansos adecuados, que dejen acumular reservas, en cambio cuando la frecuencia es alta, se debe dejar un área foliar remanente suficiente.

Hodgson (1982) afirma también que la velocidad de rebrote depende del área foliar que quede después del pastoreo. Además menciona que especies de hábito erecto, y que sean de fácil defoliación, necesitan de los carbohidratos de reserva para rebrotar.

La disponibilidad de materia seca se puede usar como criterio para pastorear, determinando el momento de utilización y la cantidad de residuo que se debe dejar para que sea adecuado, de esta manera cosechar forraje de elevada calidad, no afectando la productividad, y logrando un rebrote rápido del remanente.

Gabard y Russi (2005) destacan que en función de la intensidad de pastoreo se modifica la estructura que adquiere la pastura, ya que las macollas responsables del posterior rebrote de la misma, cambian su peso, localización y origen. Dicho cambio incide en la estratificación de la materia seca disponible, afectando la disponibilidad de forraje por medio de los animales.

Se remarca que a mayores intensidades de pastoreo, el rebrote de las plantas de sorgo es mayoritariamente explicado por las yemas basales y en menor magnitud por yemas axilares. Esto ocurre por una mayor remoción de las yemas axilares del tallo a menores alturas de remanente, permitiendo que una mayor densidad de yemas basales sea promovida, debido a la reducción de la dominancia apical y mejor calidad de la radiación que llega a la base de las plantas (Briske y Richards, citados por Gabard y Russi, 2005).

Parga et al. (2007) afirman que pastoreos que se dan de manera poco intensa, que dejan forraje sin ser pastoreado, provocan que aumente la cantidad de material muerto, y baje la calidad del futuro rebrote. En caso contrario, pastoreos que sean muy intensos o muy frecuentes, producen que baje la velocidad de rebrote afectando la persistencia. Por eso importa dejar una cantidad de forraje post pastoreo que permita un rebrote adecuado, y dado esto es que la utilización mediante pastoreo nunca podría acercarse al 100%. Si el pastoreo se da de manera menos intensa, porque hay mucha oferta de forraje, los animales consumen más, pero esto provoca que aumente la cantidad de residuos, y haya una menor eficiencia de utilización y un rebote posterior de menor calidad.

Canseco et al. (2007b) afirma que pastoreos que se realizan de manera menos frecuente, benefician la acumulación de forraje maduro, y material senescente que es de baja calidad, concordando con los autores antes citados. Si los pastoreos son poco intensos, queda forraje sin pastorear, y aumenta la cantidad de material muerto, lo que ocasiona la disminución de la calidad de los posteriores rebrotes. En cambio, aquellos muy intensos, pueden perjudicar la velocidad de rebrote.

Estos mismos autores mencionan que si las utilizations se dan de manera muy frecuente, no se permite el desarrollo necesario de hojas para acumular reservas de carbohidratos, que permitan un rápido rebrote. Si es muy intenso el pastoreo, el residuo de la planta será insuficiente para tener un rebrote bueno.

Gabard y Russi (2005), demostraron que el aumento en altura del remanente trae como consecuencia un aumento del peso de los tallos, explicado por 2 componentes que son, la altura, que se manejó para definir la intensidad de pastoreo y el desarrollo de los tallos (peso específico) que está directamente relacionado con la edad de los tejidos. Por tanto a mayores remanentes el peso específico de los tallos aumenta, determinando que sean el componente principal de la materia seca disponible a medida que aumentan las alturas de residuos. Esto genera una pastura con mayores proporciones de tallos en el disponible al ir aumentando la altura del remanente, afectando su estructura.

Estos mismos autores, probaron distintos tratamientos de altura de remanente, y como resultado obtuvieron que no hay diferencia en la materia seca de tallos entre los tratamientos de 30 y 45 cm pero si se diferenciaron los de 60 y 15 cm. Estos resultados demuestran que las diferencias en el disponible de los tallos tiene importancia en los siguientes rebrotes, debido a que son las

estructuras de reserva de carbohidratos, y también por tener una mayor cantidad de yemas potenciales para el futuro crecimiento. Por lo tanto, un incremento en la altura provoca un rebrote de mejor condición dado a que hay una mayor área foliar remanente, y por ende más reservas.

La tasa de crecimiento de los rebrotes dada a partir del pastoreo decrece a medida que se dan los mismos, y ésta es cada vez menor a medida que se dan manejos menos intensos, por ende donde se dejan mayores alturas de planta (Vaz Martins, 2000). Además, Berlangieri (2008) relacionado a la tasa de crecimiento afirma que al comienzo es alta al igual que la producción de forraje, pero va decayendo con los sucesivos pastoreos, siendo esto dado por las propias características de la especie, aunque el autor asegura que también son influenciadas por las condiciones hídricas que se den.

Al pasar rotativa luego del pastoreo, se genera un efecto depresor por la menor área remanente que queda, sumado a los tallos cortados que contienen reservas, provoca una disminución en la producción. Es un efecto importante en la planta lo que genera el corte de tallos, ya que es un costo, debido a que hay que reponer yemas y reservas, generando menor forraje. También hay menor desarrollo radicular, afectando la capacidad de enfrentar un déficit hídrico ya sea por menor cantidad de agua y nutrientes extraídos. Lo nombrado anteriormente, y una menor altura, hace que disminuya la cantidad de puntos de crecimiento (Berlangieri, 2008).

Ugarte (2012) asegura que otro factor que afecta al rebrote además de la removilización de reservas, el cual también posee un costo energético, es la presencia de tejidos activos, esto quiere decir tejidos que puedan captar recursos y permitan recomponer de manera rápida la parte aérea de la planta. Menciona que la tasa de crecimiento posterior a la defoliación va de la mano con la ubicación de los puntos de crecimiento y que la recuperación, en concordancia con otros autores, depende de la cantidad de reservas de la planta condicionado por el manejo previo, y del área foliar remanente, lugar donde se encuentran los puntos de crecimiento.

Del Pozo (2004) asegura que con el incremento de la madurez de la planta, los tallos jóvenes reducen su calidad, ya que disminuyen sus altas concentraciones de la fracción soluble, así como la digestibilidad, que durante las primeras etapas pueden ser hasta superiores a las presentes en hoja. Al utilizarlos en etapas tempranas, los mismos generan efectos negativos, tanto por tener baja concentración de materia seca y nutrientes, así como por tener en las partes inferior de los mismos, gran cantidad de reservas, que no permiten un buen rebrote y posterior crecimiento posterior al pastoreo. La altura remanente luego del pastoreo determina el posterior crecimiento, ya que tiene gran relación

con la eliminación de los puntos de crecimiento durante el pastoreo y la cantidad de reservas. Si se pastorea a bajas alturas, la planta no tiene suficiente cantidad de área foliar remanente para realizar en gran cantidad fotosíntesis, lo que determina que la planta deba emplear más cantidad de reservas de carbohidratos.

Romero (2008) afirma que la defoliación realizada por los animales se puede caracterizar a través de la intensidad, frecuencia y heterogeneidad, y a partir de la magnitud de dichos atributos será como se de el rebrote. Cuanto mayor sea la intensidad, menor va a ser el rebrote de la pastura, y será mayor el efecto en plantas de porte erecto que de porte rastrero, siendo por eso que las erectas soportan pastoreos menos intensos; pero si se acumula mucho forraje residual también se verá afectado el rebrote. El autor afirma que es fundamental realizar un manejo de la pastura tal que el área foliar remanente posterior a la defoliación pueda interceptar la energía solar que se necesita para la fotosíntesis.

Oyhamburu et al. (2018) afirman que después de cada pastoreo, el rebrote tarda unos 28-30 días, aunque depende de las precipitaciones, e incide en la producción de forraje. Además, respecto a la producción de forraje, en el segundo pastoreo, normalmente se da el menor rendimiento. En cuanto a la materia seca, es de alrededor del 18% promedio, pero va a aumentando con la altura del cultivo, así como con la edad.

Kent (2019) afirma que el pastoreo ejerce sobre el sorgo estrés, sumado a que provoca pérdidas por pisoteo en cada uno de los mismos, pero que igualmente dichas disminuciones de producción no generan pérdidas de valor como recurso forrajero, y mantienen buena capacidad de rebrote en todos los tipos de sorgos.

2.3. RESPUESTA DE LAS PLANTAS FORRAJERAS AL PASTOREO

Según del Pozo (2004) el crecimiento y calidad de los pastos puede variar según el manejo que se les realice, dependiendo de la especie de planta y condiciones edafoclimáticas es el efecto que tiene sobre las plantas forrajeras. Destacando la altura de corte o pastoreo, y la carga animal, entre otros.

Con respecto al pastoreo es el proceso en el cual el herbívoro consume plantas para adquirir energía y nutrientes, determinando el flujo de energía desde

niveles tróficos inferiores hacia niveles superiores en el ecosistema. Por esto el consumo de forraje por parte del animal puede afectar el flujo de nutrientes, debido a cambios en la productividad vegetal o en la proporción de esta que ingresa al suelo (Scarlatto, 2011).

También el pastoreo, puede modificar la producción de forraje debido a que se remueve biomasa verde, provocando que disminuya el área foliar y la intercepción de radiación (Piñeiro, citado por Scarlatto, 2011).

Reinosso y Soto (2006), aseguran que las plantas que son de porte erecto, dentro de las cuales está el sorgo, no se adaptan al pastoreo continuo por lo que deben tener un período de descanso largo posterior a la defoliación, para poder recuperar el área foliar y sus reservas. Beguet y Bavera (2001) concuerda en que la altura de defoliación en gramíneas erectas no sólo tiene incidencia sobre el área foliar, sino que si ésta es baja, afecta las reservas de la planta, por lo que estas plantas no soportan pastoreos intensos y continuos.

Según Scarlatto (2011), se puede intervenir en el proceso de pastoreo, a través de la interacción planta-animal (producción vegetal y consumo animal) ya que forma parte del manejo de los sistemas pastoriles, buscando maximizar la captación de radiación solar, la producción vegetal y eficiencia en la conversión a producto animal.

2.3.1. Producción de materia seca y digestibilidad

Los híbridos de sorgo forrajero se distinguen por tener producciones importantes (11 TT de MS/ha), durante todo su ciclo. También se caracterizan por presentar alta producción en cortos periodos de tiempo (Carámbula, 2007).

Según este mismo autor, las elevadas cantidades de materia seca, varían con el manejo realizado. Sumado a las altas tasas de crecimiento, estas disminuyen con cada pastoreo adicional y esto se manifiesta más cuando los manejos son menos intensos.

La evaluación de cultivares INIA-INASE para la zafra 2020/2021, Cuitiño et al. (2021), evalúan la producción de forraje mediante tres cortes, obteniendo rendimientos entre 1520 kg MS ha⁻¹ y 5035 kg MS ha⁻¹, con un promedio de 3396 kg MS ha⁻¹. También en dichas evaluaciones, se midió el porcentaje de materia seca de sorgo forrajero para pastoreo, y se obtuvo una media de 19,33 % MS.

Los pastos presentan características fisiológicas y morfológicas propias que le brindan adaptación específica para su crecimiento y calidad. Estos

experimentan modificaciones morfológicas en el rendimiento y su calidad cuando ocurren cambios en las condiciones climáticas, donde la temperatura, la radiación solar (cantidad y calidad), las precipitaciones y su distribución son los componentes que más determinan en las condiciones tropicales (del Pozo, 2004).

Según Pérez et al. (2018), la biomasa total tiene alto grado de correlación con el índice de área foliar, la altura de la planta, el número de nudos por planta y la tasa de crecimiento del cultivo. Siendo por esto que dichos autores afirman que para lograr mayor biomasa total se requiere mayor tamaño y duración del aparato fotosintético, una tasa de crecimiento del cultivo mayor, generadas por plantas que tengan más altura y más cantidad de nudos. La frecuencia de defoliación puede incidir sobre la producción de forraje, así como en el valor nutritivo. Al ser más frecuentes las defoliaciones, menor es la producción de materia seca. A su vez, pastoreos que se realizan con alturas de forraje más altas, permiten a los animales seleccionar hojas, quedando un rastrojo de tallos que inhibe el desarrollo de macollos, perdiendo biomasa y retrasando el rebrote (Oyhamburu et al., 2018).

Berlangieri (2008) asegura que pastoreos manejados de manera intensa, provocan bajas en la producción de materia seca, que puede ser además afectada por condiciones negativas del ambiente. Por eso, los tratamientos manejados con remanentes altos, otorgan ventajas al rebrote, que se puede dar a partir de yemas ubicadas en los nudos, que permiten un mayor crecimiento y biomasa de hojas en cada uno de los pastoreos. Este autor además menciona que dichos tratamientos manejados a mayor altura de remanente brindan mayor producción de forraje, y mayor tasa de crecimiento diaria promedio a partir del segundo pastoreo. En cambio otro autor, en el segundo pastoreo obtuvo menor producción de forraje, y se espera menores rendimientos pero en dichos pastoreos. Relacionado a la materia seca, el promedio fue de 18 %, va a aumentando con la altura y edad del cultivo (Oyhamburu et al., 2018).

A su vez, trabajos realizados por Barbera y Benítez (2016), pudieron demostrar que el contenido de materia seca del sorgo al inicio de cada pastoreo, es entre 20 y 30 %, con una tendencia a valores más altos en los siguientes pastores. Contenidos mayores a 40% se obtuvieron en parcelas con mayor cantidad de material remanente del pastoreo anterior, principalmente al final del ciclo de producción.

Por otra parte, Parga et al. (2007) destacan que el control de la intensidad como la frecuencia de pastoreo inciden en el rendimiento así como en la calidad nutritiva; por lo tanto, la composición morfológica del forraje y la cantidad de

forraje afectan a la disponibilidad y calidad del forraje que consumen los animales.

En cuanto a la digestibilidad de la materia orgánica, la misma representa el porcentaje del alimento que se consume que no es eliminado, por lo tanto lo que queda disponible para el animal para cumplir con los requerimientos de mantenimiento, producción y reproducción. Este parámetro sirve para estimar la energía disponible en el alimento (Mieres, 2004). Además éste parámetro, según INIA (2018) se relaciona con el estado de madurez que presenta la planta, y se calcula cómo:

Digestibilidad expresada en % = $(\text{Cantidad consumida} - \text{Cantidad excretada}) \times 100 / \text{Cantidad consumida}$.

Con respecto a la digestibilidad de las distintas partes de la planta, esta varía en una misma fracción. Dicha variación y su promedio depende si se trata de gramíneas o leguminosas. Por tanto la digestibilidad de láminas en gramíneas presenta un rango entre 41 y 81 %, destacando que los menores porcentajes los contienen las gramíneas tropicales (Hacker, citado por Trujillo y Uriarte, 2011).

Canseco et al. (2007a) mencionan que al avanzar la madurez de las plantas, se ve incrementada la proporción de pared celular y la lignificación que éstas poseen, por lo que la digestibilidad se ve disminuida. Lo anterior, remarca la importancia de que debido a la alta producción que tiene el sorgo, se deba pastorear en el momento óptimo, para que no encañe y haya pérdida de calidad.

En relación a lo mencionado antes, Romero (2003) destaca que la máxima cantidad de hojas en la planta se encuentra con alturas de 60-70 cm, por lo que si se pastorea a mayores alturas, se ve disminuida la calidad.

Respecto a la digestibilidad Cicchino y Otondo (2019), afirman que hay en la actualidad materiales que tienen diferentes caracteres agregados que permiten superar la calidad de los sudán. Estos materiales son por ejemplo el sorgo forrajero BMR o de nervadura marrón, que tiene una reducción en el porcentaje de lignina (parte indigestible) que permite por lo tanto aumentar el porcentaje de digestibilidad del mismo. Esa reducción de indigestibilidad oscila entre el 5 y 50% dependiendo del gen BMR utilizado.

Los sorgos forrajeros fotosensitivos tienen requerimientos de días cortos para inducir la floración. Sembrados a la latitudes donde se realizó la investigación, no florecen, o si llegan a la misma es al final de la estación de crecimiento, por lo que la producción de grano es insignificante. Esto da ventajas para el pastoreo dado que permite ser flexible en el momento de su utilización,

ya que la planta estará menos encañada, tendrá mayor porcentaje de tallo y hoja, y por lo tanto mayor digestibilidad (Cicchino y Otondo, 2019).

Fassio et al. (2002) sostienen que la calidad forrajera está determinada principalmente por el momento de cosecha, que define el contenido de materia seca, así como también la composición estructural de la planta. A medida que la planta avanza en su madurez, modifica la composición química, implicando pérdidas del valor nutritivo, en cuanto a porcentajes de digestibilidad y proteína, en tanto que el de la fibra aumenta. La baja en la digestibilidad se relaciona a que aumenta la cantidad de pared celular, componente estructural de la planta. En el caso del tallo, al pasar a estar más maduro, se ven incrementados los porcentajes de lignina, hemicelulosa y celulosa. Así mismo, tanto la altura de la planta como el porcentaje de tallos, tienen un efecto directo en la cantidad de fibra detergente ácido y la digestibilidad. De acuerdo a esto, Trujillo y Uriarte (2011) aseguran que el proceso de defoliación es beneficioso para la calidad, ya que por el lado de la digestibilidad, este proceso apacigua la lignificación.

Respecto a los sorgos evaluados en este trabajo, Romero et al. (2002) afirman que tanto la fibra detergente neutra como la ácida y la digestibilidad, tuvieron mejores valores en el corte realizado más tarde para el caso de los sorgos de nevadura marrón. En cambio para los fotosensitivos, la digestibilidad cayó a medida que avanzaba el estado de madurez de la planta.

En cuanto a la digestibilidad, Bolaños et al. (2012) afirman que las variaciones que hay en ésta, depende de la cantidad de lignina que estas presentan, lo que es esperable dado que la lignina es considerablemente indigestible. También estos autores remarcan que el gen BMR tiene efecto positivo sobre la digestibilidad del sorgo.

Rovira y Echeverría (2013) remarcan también que el tallo del sorgo BMR, además de tener una digestibilidad mayor, tienen la fibra detergente neutro y ácida menor, lo que genera un mayor consumo de materia seca y de energía.

Vaz Martins (2000) afirma que la digestibilidad de la MS del sorgo depende más de la altura de la planta y del porcentaje de hojas y tallos, que del tiempo de rebrote y el manejo que se realice. En ese sentido, Edwards et al. (1971) afirman que la producción de materia seca digestible de las plantas completas es directamente proporcional al porcentaje de hojas que tienen pero inversamente proporcional al porcentaje de tallos que poseen dichas plantas.

2.3.2. Utilización

Anwandter et al. (2007) definen a la eficiencia de utilización como la proporción del forraje producido que es consumido efectivamente por los animales que pastorean, o cosechada para la confección de reservas. Gregorini et al. (2007) la definen a la eficiencia de pastoreo, como el pasto consumido en cada uno de los pastoreos, expresado como la proporción de la masa de pasto ofertada. Por su parte, Lombardo (2012) la define como la cantidad de pasto que es consumida del total del mismo ofrecido.

En la utilización de los pastos y forrajes, la altura y el momento de la cosecha constituyen elementos básicos en su manejo, por la influencia que estos ejercen en su comportamiento morfofisiológico y productivo (del Pozo, 2004). Relacionado al porcentaje de utilización, este depende de varios factores, relacionados entre sí, como la especie, el estado fenológico, material muerto, etc. (Gabard y Russi, 2005).

Baeten et al. (2008), aseguran que la utilización de forraje cambia en función de la asignación de forraje, de la carga animal y de la intensidad de pastoreo. Esto significa que frente al aumento de la carga o la intensidad de pastoreo, por ende a bajas en la asignación de forraje, se ocasionan mermas en el forraje disponible, pero con un aumento en la utilización. Es por esto que la disponibilidad y la utilización varían de manera inversa al haber cambios en la carga. En ese sentido, Faría Mármol (2006), menciona que cuando la intensidad de pastoreo, se da a bajas presiones, ocasiona que la producción por hectárea sea baja, dado que el subpastoreo provoca bajas utilidades de la pastura.

Con respecto a lo nombrado anteriormente, se define a la presión de pastoreo como fundamental para definir los niveles de utilización de la pastura disponible ya sea para MST o MSFV por animales de distinta edad. Además estos autores comprobaron que mayores presiones de pastoreo se asocian a elevadas eficiencias de utilización del forraje; no se observaron diferencias importantes entre edad de los animales (Vaz Martins et al., 2003a).

La época de utilización del sorgo bajo pastoreo abarca un periodo de 2 a 4 meses en verano-otoño, pero también se puede utilizar como forraje diferido (Aello et al., 2018). Carámbula (2007) también destaca que el sorgo forrajero puede tener diferentes usos, y estos varían según el tipo de sorgo.

Según Vaz Martins et al. (2003b), los verdeos de verano tienen como característica una baja utilización dada la altura de forraje y peso del material

residual, pero la misma podría ser elevada teniendo una mayor carga animal en decaimiento de la ganancia individual y del rebrote del verdeo.

Carámbula (2007) asegura que para lograr las mejores utilidades se deben realizar siembras escalonadas (cada 15 días), realizar pastoreos rotativos, y mantener cargas adecuadas, para de esta manera controlar de mejor forma los intervalos entre pastoreos y así realizar una utilización más eficiente de la pastura. Este manejo permite tener tres o cuatro pastoreos. En ese sentido, Wade y Agnusdei (2001) encontraron que tanto en pastoreo continuo como rotativo y pasando de un estrato al siguiente inferior, la severidad promedio fue de 35% de la altura de la pastura previa al pastoreo.

2.3.3. Estructura

Las pasturas modifican su estructura en función del manejo al cual son sometidas o las condiciones ambientales que se presentan, a partir de procesos fisiológicos. La posibilidad de adaptación que tienen las estructuras de las pasturas se puede ver perjudicada con modificaciones del manejo (Saldanha et al., 2010). En ese sentido, Busqué y Herrero (1995) también mencionan que las pasturas poseen una estructura propia, que está organizada y jerarquizada, y es variable en función del ambiente y manejo.

Crespo y Nuñez (2018) afirman que algunos factores del manejo, determinan el comportamiento, y por lo tanto la estructura que adquieren las pasturas, y remarcan la importancia que tiene en la pastura la estructura, ya que determina la manera en que el animal la encuentra para cosechar. Otros autores afirman que la intensidad de defoliación provoca que se modifiquen los componentes de la producción de forraje (Martha et al., 2004).

Gallarino (2010) menciona que ciertas forrajeras, son más plásticas fenotípicamente, y frente a un aumento en la presión de pastoreo, modifican su morfología y estructura para mantener su crecimiento de manera constante. En este sentido, Hodgson (1990) afirma que frente a modificaciones en el manejo, puede haber cambios en la estructura y en la morfología de las pasturas.

2.3.3.1. Contribución de macollas basales y axilares

Los meristemas axilares se encuentran en las axilas de las hojas, los mismos durante la fase vegetativa dan origen a macollas, y en la fase reproductiva dan lugar a las inflorescencias; por su parte los meristemas basales se encuentran en los nudos de la base de las macollas y tallos, al nivel del suelo (Saldanha, 2011).

González (2013a) afirma que la velocidad de macollaje en las plantas depende de la velocidad con la que aparecen las hojas. En ese sentido, Bordaberry et al. (2017) mencionan que si algún factor afecta la tasa de elongación foliar se ve afectada la velocidad con la que se emiten hojas, y por ende hay consecuencias en la velocidad que se forman las yemas y en la producción de nuevos macollos. Scherger (2020) por su parte observó que el manejo que se da en la frecuencia e intensidad de la defoliación, y las diferentes combinaciones de las mismas en la estación de crecimiento incide en el macollaje de mijo perenne. El manejo modifica la población de los macollos, generando mayor cantidad de macollos nuevos, y por ende mayores tasas de crecimiento.

Lemaire (2001) afirma que mediante el pastoreo, o lo que sería lo mismo, la decapitación de los macollos que están alargando sus entrenudos, se ve favorecido el macollaje, ya que por un lado se rompe la dominancia apical, y además se ve modificado el ambiente lumínico. En este sentido, Agnusdei (2013) menciona que bajo pastoreo continuo, los macollos mantienen su densidad, no solo por el efecto que ocasiona un mayor ingreso de luz, sino además porque se evita el estado reproductivo, y por ende los efectos que este ocasiona sobre la supervivencia y desarrollo de la población de macollos.

Balocchi et al. (2007) destacan también que la pradera al ser usada para pastoreo, no debería elongar los tallos ni llegar a floración mediante pastoreos sucesivos, evitando así la dominancia apical, y posibilitando un rápido rebrote, y una mayor tasa de macollaje. Respecto a lo antes mencionado, Oyhamburu et al. (2018) destacan que si se da la diferenciación del tallo, comienza a darse la dominancia apical que inhibe la producción de nuevos macollos, desapareciendo así los de tipo vegetativo; esto se puede evitar si se detiene la dominancia apical mediante la eliminación del ápice por pastoreo o corte.

Si los pastoreos son posteriores al encañamiento de las plantas, los animales solo comen las hojas, por lo tanto queda un rastrojo constituido por tallos que conduce a la inhibición de nuevas macollas, lo que ocasiona desperdicio de materia seca y retrasa el rebrote (Carámbula, 2007).

Por su parte, Gabard y Russi (2005) encontraron que el rebrote a partir de macollas basales tiene un mayor costo energético que cuando se da a partir de macollas axilares, lo que explica que se encuentren diferencias en la producción de materia seca. Tratamientos en los que se dejaron remanentes de menor altura, se promueve el macollaje basal, dado que se rompe la dominancia apical y hay una mejor calidad de luz en la base de la planta. Al aumentar la altura de remanente, se quita el meristemo apical de los tallos, pero quedan más yemas axilares sin ser afectadas, esto ocasiona una competencia por recursos entre las

macollas axilares y basales, que produce la inhibición de las yemas basales, pero un impulso en las yemas axilares; por lo que se genera una asociación negativa entre macollas axilares y basales.

Estos mismos autores afirman que la estructura de la población de macollas varió a causa de la intensidad de pastoreo; como se dijo en el párrafo anterior, a medida que la altura del remanente aumenta, el número de macollas basales disminuye, al igual que el peso de las macollas. Por lo contrario, el número de macollas aéreas se vio incrementado al igual que su peso. Dichos autores afirman entonces que pastoreando con alta intensidad se da el predominio de macollas basales y tallos finos, con una relación hoja/tallo mayor, encontrándose concentradas las hojas en estratos inferiores. Mientras que al bajar la intensidad de pastoreo, aumentan las macollas aéreas, los tallos se vuelven más altos y pesados, mientras que la relación hoja/tallo baja, por lo que se modifica la estratificación de la MS en la planta.

Berlangieri (2008) afirma que el manejo del pastoreo en cuanto a la altura de remanente, incide directamente en la producción de hoja en los pastoreos posteriores, ya que dicho autor encontró que por cada cm de remanente más que se dejaba, la producción de materia seca de hoja en el pastoreo siguiente aumentaba unos 24,8 kg/ha, dado por una mayor producción total, debido a que el rebrote desde las yemas axilares de los nudos es mayor que el lento rebrote de las yemas basales de un rastrojo de bajo porte.

La altura de remanente de 10-15 cm permite un rebrote equilibrado, ya que ocasiona la eliminación de los ápices terminales de las macollas que se encuentran más desarrolladas, y permite además que se favorezcan las yemas basales y axilares, así como también el desarrollo de macollas que se encuentran del lado inferior al nivel de defoliación (Carámbula, 2007). En función de lo anterior, el mismo autor asegura que es muy importante que los rastrojos permanezcan con un área foliar adecuada y activa siempre, dado que esto permite tener un rebrote rápido sin depender en gran parte de las reservas que estén en las raíces, y además le permite a las plantas lograr una mayor extracción de agua.

Berlangieri (2008) asegura que no pasar la rotativa posterior al pastoreo, permite lograr mayores productividades, dado que queda mayor cantidad de yemas axilares en los tallos, que permite un rebrote más rápido y de menor costo energético para la planta, que si se diera a partir de yemas basales. Este mismo autor, menciona más adelante que el manejo más adecuado para estos sorgos se da cuando se dejan remanentes de unos 40 cm aproximadamente, ya que se han encontrado ventajas para el rebrote desde esa altura.

2.3.3.2. Relación hoja/tallo

Homen et al. (2010) manifiestan que la variable relación hoja/tallo es un estimador tanto de la calidad como la utilización. En este mismo sentido, Hernández et al. (2000) destacan que la relación hoja/tallo presente en un forraje se puede considerar como una medida indirecta para conocer la calidad, donde los valores superiores a uno demuestran una mejor calidad dada la mayor presencia de hojas.

En relación a lo anterior, otros autores remarcan la importancia también de utilizar la relación hoja/tallo presente en un forraje como parámetro indicador de calidad. Siendo de relevancia conocerlo para saber cual es el aporte que brinda cada una de dichas partes a la calidad nutricional del mismo, siendo deseable que la mayoría del mismo sean hojas, ya que tienen mayor digestibilidad y más cantidad de nutrientes (Sánchez, Vargas y Boschini, citados por Orozco y Salazar, 2014). Dicha relación indica la proporción de hojas y tallos que presenta una especie, expresándose en materia seca, cambiando según la época del año y cultivar; las hojas son las que presentan mayor calidad (INIA, 2018).

Carrasco et al. (2011) destacan que los cultivares de sorgo forrajero tienen gran producción de biomasa, por su alta capacidad de rebrote y la alta relación hoja/tallo que beneficia el consumo directo por parte de los animales y además la posibilidad de realizar henos de buena capacidad nutricional.

Trabajos realizados para especies tropicales demostraron para sudangras una relación hoja/tallo de 1, no limitando la calidad en el desempeño animal. Pero llevado a campo, el pastoreo permite la selección animal, es decir la calidad de lo que se consume es mayor a la disponible (Pinto et al., citados por Gabard y Russi, 2005). También para sorgo se pudo determinar que la relación es menor a 1, con un promedio de 0,58 desde los primeros días hasta 150 días de su ciclo. Se pudo confirmar que al principio el cultivo tiene mayor producción de hojas pero a partir de los 57 días el rendimiento presenta un mayor aporte de los tallos, disminuyendo así la relación hoja/tallo (Amador y Boschini, 2000).

Gontijo et al. (2003) mencionan por su parte, que la relación hoja / tallo es una variable relevante que permite describir la estructura de la pastura y también su calidad. Dicha relación depende de la altura del remanente, del período entre defoliaciones así como del estado fenológico del cultivo. Además para sorgo forrajero encontraron relaciones H/T del forraje disponible, con valores entre 0,69 y 0,89 en las que no se encontraron diferencias entre los diferentes híbridos evaluados. También afirman que dicha relación es muy dependiente del manejo, así como de las condiciones climáticas.

Pusineri y Ocampos (2013) aseguran que la relación hoja/tallo tiene una relación directa con la cantidad de proteína bruta presente, ya que es el lugar donde se ubica la mayor cantidad, además menciona que con la disponibilidad mantiene una relación indirecta, ya que al aumentar la cantidad de forraje, la calidad decrece.

Vaz Martins et al. (2003b) afirman que la relación hoja/tallo es considerablemente menor en el forraje residual post pastoreo, para todos los tipos de sorgo y manejos que fueron evaluados en la investigación, lo que indica un pastoreo selectivo, debido a que la gran proporción del forraje consumido por los animales fueron las hojas. Experimentos realizados en sudangras, demuestran que la relación bajo corte varía de 0,73 a 1,34, y que decae drásticamente al final del ciclo de pastoreo y en etapa reproductiva del verdeo sin tener en cuenta los tratamientos aplicados (Lima y Ribeiro, citados por Gabard y Russi, 2005).

Al aumentar la altura del remanente, se genera un aumento más acelerado en la participación de los tallos frente a las hojas y restos secos en el forraje disponible, provocando importantes diferencias en los componentes del disponible. Estos efectos son claramente corroborados por la relación hoja/tallo la cual disminuye significativamente conforme aumenta la altura del remanente. También se evaluó que la producción total de materia seca de hoja (MSH) aumentó con la altura del remanente (Gabard y Russi, 2005). Esto puede ocurrir a la inversa, Velazco et al. (2012) demostraron que en el segundo ciclo de pastoreo con menor altura y menor disponibilidad total, resulta en un menor aporte de la fracción hoja en el forraje total. Se puede concluir que con el avance del estado fenológico del sorgo forrajero, la relación hoja/tallo disminuye.

En relación al aumento de los remanentes luego del pastoreo otros autores observaron efectos positivos sobre la disponibilidad de hojas y tallos; esto puede deberse a las condiciones de IAF residual que son más favorables, ya que permite mayor intercepción de luz, por tanto mayor fotosíntesis y reservas fisiológicas en planta. Esto último con efecto positivo al inicio del rebrote (Gomide et al., Pagoto y Mello, citados por Gabard y Russi, 2005).

Romero (2008) asegura que en cada uno de los pastoreos, se encuentra una mayor proporción de hojas cuando las plantas tienen unos 60-70 cm, con diferencias entre los distintos rebrotes, siendo en los primeros que hay mayor cantidad. Al pastorear a mayor altura se produce una baja en la calidad y además repercute en la eficiencia de utilización, por ende en la producción animal. Sumado a esto, dicho autor asegura que si se comienza el pastoreo más tarde, habrá menor número de estos.

Vaz Martins (2000) sostiene que en estados vegetativos tempranos los tipos de sorgos evaluados tienen más cantidad de hojas, y por lo tanto la relación hoja/tallo es mayor en el manejo de menor altura (0,6 m) que en manejo alto (1 m). La relación hoja/tallo para estos fue bastante menor en el caso del forraje residual, lo que indica que hubo un pastoreo selectivo, donde se seleccionaron en mayor medida por los animales las hojas.

Carámbula (2007) destaca que el sorgo forrajero presenta durante su etapa vegetativa en sus hojas, la parte más valiosa en cuanto a nutrientes, por lo que sería importante mantener al cultivo en ese estado. Por tanto Berlangieri (2008), afirma que los remanentes de mayor altura favorecen la producción de hoja en pastoreos sucesivos.

Rodríguez y Fuentes (2002) reportan que el sorgo forrajero a medida que avanza su edad, disminuye en su cantidad de hojas, por lo que aumenta la cantidad de tallos y esto está vinculado con la frecuencia de corte o pastoreo. Este mismo efecto se manifiesta en el resto de las gramíneas tropicales en las cuales a medida que pasa el tiempo, las hojas inferiores van transformándose en senescentes. Esto concuerda con lo reportado por Fassio et al. (2002), quienes destacan que en sorgo forrajero al ir avanzando el ciclo, se visualiza un aumento en el % de tallo, logrando un máximo y luego decreciendo, pero en el caso del % de hoja, ésta siempre decrece.

Según Velazco et al. (2012), la relación hoja/tallo del verdeo se modifica según cual sea el ciclo del pastoreo, siendo en el caso del segundo pastoreo, un 50 % de la materia seca proporcionada por hojas de la planta, mientras que en el primer pastoreo solo el 25%, siendo el resto del forraje consumido por los animales aportado por parte de los tallos.

En su investigación Edwards et al. (1971), explican que el aumento en las ganancias durante el segundo ciclo de pastoreo, se debe en su mayoría al aumento de la relación hoja/tallo en el forraje que los animales consumen. Afirman también que la proporción de hojas en el cultivo es muy importante debido a que para el caso del sorgo y el sudan, la producción de materia seca digestible de las plantas es directamente proporcional a la cantidad de hojas pero inversamente proporcional a la cantidad de tallos que las mismas presentan.

Relacionado a este último párrafo, Montossi et al. (2017) sostienen que las mayores ganancias logradas en el segundo ciclo respecto al primero, pueden estar sostenidas por el incremento de la relación hoja/tallo presente en el forraje ofrecido, dado que la disponibilidad en ambos fue similar. Estos mismos autores mencionan que hay diferencia en la composición botánica del forraje ofrecido y

el remanente, notándose en este último un incremento de la fracción tallo y restos secos, frente al forraje verde y hojas.

La fracción hoja, fue lo que consumieron los animales en su mayoría, teniendo en cuenta que el porcentaje de utilización del forraje total fue del 46% y en cuanto a la utilización del forraje aportado por parte de las hojas correspondió al 89% en los tres tratamientos realizados durante la investigación de Velazco et al. (2012).

Lagomarsino y Montossi (2014) mencionan que la composición botánica del sorgo remanente, evoluciona en todos los tratamientos realizados, notándose que la fracción hoja aporta cada vez menos en relación a la fracción tallo, pero en los últimos pastoreos, la fracción hoja aumenta nuevamente, dado el rebrote del sorgo y condiciones beneficiosas.

Rovira y Echeverría (2013) encontraron que tanto en el sudangras como en el sorgo BMR, la cantidad de hoja bajó del 50% durante el primer pastoreo al 20-25% en el segundo y tercer pastoreo, como contribución a la disponibilidad total.

Vasconcelos et al. (2003) plantean que los sorgos de tipo fotosensitivos tienen en general, una relación hoja/tallo mayor comparados con lo que no son de tipo fotosensitivo, que se puede asociar a una digestibilidad del forraje mayor.

Cruz et al. (2011) aseguran que a mayores intervalos entre pastoreos, las praderas tropicales ven incrementado el rendimiento en forraje, pero con menor participación de hojas y una mayor acumulación de tallos y material senescente, lo que termina afectando el valor nutritivo de dichas especies. Esto destaca la importancia de no solo tener en cuenta el rendimiento en sí, sino la cantidad de hojas en relación a tallos y material senescente.

2.4. ATRIBUTOS DE LA PASTURA QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO ANIMAL

Según Lombardo (2012), la calidad del forraje que se cosecha depende en gran manera de la posibilidad que tengan los animales de seleccionar. Se menciona que cuando el animal tiene mayor disponibilidad de pasto, selecciona lo de mayor calidad. A su vez, si al retirar los animales, queda mucho tallo se debe pasar una rotativa para evitar que las plantas rebroten de las cañas, así se evita perder calidad en el siguiente pastoreo (Montossi et al., 2017).

Según Barbera y Benítez (2016), el sorgo forrajero es una buena alternativa cuando se necesita un verdeo que tolere alta carga y una aceptable ganancia de peso durante la estación estival, aunque se menciona también que presenta gran dependencia de las condiciones meteorológicas y problemas como antecesor. Con respecto a las condiciones meteorológicas, cuando ocurren condiciones adversas se obtiene menor altura disponible, por un menor crecimiento del forraje, provocando que disminuya la carga animal inicial (Berlangieri, 2008).

Según Barbera y Benítez (2016), los sorgos que se utilizan como verdeos ya sean sudán o forrajeros, no cubren el déficit forrajero del invierno. Pero si permiten que en verano haya alta cantidad de animales por unidad de superficie, y que con un adecuado manejo se alcancen ganancias de pesos mayores a las que se obtienen sobre campo natural. Con respecto a los materiales evaluados y su comportamiento en la producción animal, los autores Rovira y Echeverría (2013) demostraron que el sorgo BMR presenta un mayor desempeño productivo comparado con el sorgo fotosensitivo, ambos con cargas conservadoras de 4 animales/ha, y se obtienen ganancias de 1,180 y 0,900 kg/a/d respectivamente.

En el comportamiento animal, los factores que influyen son la especie, raza, edad, y en conjunto con la carga determinan la demanda de forraje. También destacar la interacción entre las pasturas y los animales, que dependen de la asignación y disponibilidad o la accesibilidad del forraje que pueden o no promover la selección de la dieta por los animales, condicionando las utilidades (Da Silva, citado por Gabard y Russi, 2005).

Trabajos realizados de manejo en pasturas tropicales, se encontró que los sistemas de pastoreos continuos superaron a los sistemas rotativos de los animales, y que se puede deber esto a la capacidad de seleccionar la dieta en dichos sistemas (T' Mannelje et al., citados por Gabard y Russi, 2005).

2.4.1. Valor nutritivo

Con respecto al valor nutricional y calidad del forraje, hay que tener en cuenta ciertos conceptos.

El valor nutritivo de un forraje depende de tres factores, su consumo por el animal, su digestibilidad y eficiencia de utilización del forraje por el animal. Se utiliza la digestibilidad como parámetro de valor nutritivo ya sea por su facilidad de medir y por la relación positiva entre digestibilidad y consumo voluntario (INIA, 2018).

Canseco et al. (2007a) mencionan que el concepto de valor nutritivo es amplio, y que dentro del mismo está implícita la composición del alimento y la digestibilidad del mismo. Es de relevancia dado que tiene una relación directa con la respuesta animal que se espera. Un forraje es de alta calidad nutritiva cuando tiene elevada concentración de nutrientes, es digestible y permite un alto consumo, por eso es necesario mantener la calidad del forraje a través del manejo, siendo el pastoreo una herramienta de gran impacto.

Según INIA (2018) la calidad del forraje depende del contenido de agua y del estado de madurez. En función de esto, dicha calidad depende de la etapa de crecimiento y de la composición de la planta, principalmente de hoja y tallo.

En un experimento donde se realizaron dos ciclos de pastoreo, no se encontraron diferencias en el valor nutritivo del forraje ofrecido. La calidad disminuyó por un enorme crecimiento del sorgo al retrasarse la fecha del primer pastoreo. Por lo mencionado, se afectó el valor nutritivo del forraje, es decir baja digestibilidad y proteína y alta fibra, debido a la altura y estado fisiológico que presentaba el sorgo (Carámbula y Wedin, citados por Carámbula, 2007). En el caso del retraso de la fecha del primer pastoreo, el uso estratégico de la rotativa, puede ser útil para controlar excesos de forraje, y de esta manera tener repercusiones positivas sobre el valor nutritivo del forraje (Montossi et al., 2017).

Relacionado al avance del estado fenológico de los rebrotes, esto genera importantes variantes en componentes solubles, estructurales y de la digestibilidad del forraje. Por tanto el avance de la edad del cultivo, provoca una disminución en el valor nutritivo, siendo mayor en gramíneas que en leguminosas. En condiciones de campo, es decir en pastoreo estos parámetros van cambiando de forma diferente, ya que se relacionan con la cantidad y composición estructural del remanente post pastoreo y en el periodo de crecimiento (del Pozo, 2004).

Canseco et al. (2007a) afirma que durante el estado vegetativo las praderas tienen en general baja concentración de materia seca (entre 14 y 16%), pero que esta aumenta durante el periodo reproductivo a 18-25%, pero igualmente en estado vegetativo tienen mayor proporción de contenido celular, lo que le otorga mayor valor nutritivo.

Existen ciertos factores de la pastura que inciden sobre el consumo animal, estos se pueden clasificar en nutricionales y no nutricionales, siendo por esto que es de relevancia conocer la estructura que tiene la pastura y el efecto que esta tiene sobre el consumo por parte de los animales que la pastorean. Los factores no nutricionales hacen referencia a las variables que afectan la cosecha del forraje por parte del animal, y es lo primero que determina el consumo, siendo algunas de ellas la estructura de la pastura, la disponibilidad, entre otras. En

cambio dentro de los factores nutricionales, están la digestibilidad, la proteína, etc., que también influyen en el consumo, pero más aún cuando el consumo es alto. Conjuntamente ambos tipos de factores, actúan determinando el consumo (Poppi et al., 1987).

2.4.1.1. Composición química del forraje

Hay ciertos parámetros que definen la calidad del forraje, siendo por esto que se mencionan a continuación ciertas definiciones de interés, relacionadas a las fracciones componentes del forraje.

La proteína cruda (PC %) se obtiene a partir del contenido de nitrógeno total que tiene un alimento, multiplicado por el factor 6,25. Este factor surge de la relación 100/16, ya que las proteínas tienen en promedio 16% del nitrógeno. Este valor de proteína cruda incluye tanto la proteína verdadera como otros compuestos nitrogenados no proteicos, que se obtienen a partir del método Kjeldahl (Mieres, 2004). Según INIA (2018) la PC indica el porcentaje de proteína contenida en el forraje, la cual se obtiene por análisis químico. Es importante determinar la cantidad de proteína debido a que es un nutriente esencial para los animales principalmente para los que se encuentren en crecimiento y producción.

La fibra insoluble en Detergente Ácido (FDA) hace referencia a la fracción de la pared celular del forraje, la misma incluye celulosa, lignina y sílice. Este parámetro sirve como indicador de la disponibilidad de energía de la dieta. Un material de baja calidad posee valores muy altos de FDA, en cambio dietas que tienen valores inferiores a 20-21% de FDA pueden ocasionar disturbios digestivos en el animal (Mieres, 2004).

Este mismo autor, refiere a la fibra insoluble en Detergente Neutro (FDN) como la porción de muestra del forraje que es insoluble en un detergente neutro (pH 7,0), esta incluye la celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice, y se la denomina normalmente como la fracción pared celular. Se utiliza este parámetro como indicador de la densidad de un alimento. Aquellas dietas que tienen valores por encima del 55% pueden tener restricciones en el consumo voluntario máximo del animal, y por ello pueden ocasionar que no se satisfagan los requerimientos que se esperaban. Canseco et al. (2007a) aseguran que conocer el contenido de fibra del forraje es relevante, ya que ésta se relaciona con la concentración energética del mismo, y además con el consumo de materia seca por parte del animal. Cuanto más fibroso sea el material, su digestión y evacuación del rumen será más lenta, por lo que ocasiona un efecto físico de llenado que limita el consumo.

Siendo por esto que al verse incrementado el nivel de FDN del forraje, baja el consumo de materia seca.

Mieres (2004) define a los nutrientes digestibles totales (NDT) como un indicador que se estima a partir del contenido de FDA presente en la muestra. Una de las ecuaciones que se emplea para predecir NDT en gramíneas es:

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

En el siguiente cuadro se presenta información del resultado obtenido en varios ensayos de laboratorio de análisis químico con los valores promedio obtenidos en sorgo forrajero.

Cuadro No. 1. Composición química del sorgo forrajero

Fracción	% MS 60	% PC	% DMO	% FDA	% FDN (1)
Promedio	28,12	7,50	59,23	41,93	65,04
Desvío estándar	9,63	0,94	5,37	8,15	0,96

Fuente: elaboración a partir de datos extraídos de Mieres (2004).

MS 60: Materia seca calculada en base a secado en estufa de 60 ° (C).

(1): Datos correspondientes a Sudangrass

La composición química varía a medida que las plantas de sorgo maduran, lo que repercute en una pérdida del valor nutritivo del mismo, ya que se da una disminución tanto en los porcentajes de proteína así como en la digestibilidad, según Fassio et al. (2002). Esto también lo confirma Cuitiño et al. (2021), ya que de los tres cortes evaluados de sorgo forrajero, el último presentó menor contenido de PC (8,5%).

También otros autores demuestran lo mismo, que a mayor altura del forraje y/o avanzado estado fenológico del cultivo, se genera una disminución de digestibilidad de la materia orgánica y contenido de proteína cruda ya sea en sudangrass o sorgo (Carámbula y Wedin, citados por Carámbula, 2007). Este concepto es reforzado por Fassio et al. (2002), quienes mencionan que a medida que avanza la madurez del sorgo, se dan cambios en su composición química, que llevan a pérdidas del valor nutritivo, viéndose disminuidos los porcentajes tanto de proteína como de digestibilidad, mientras que los valores de fibra se ven incrementados.

Del Pozo (2002) sostiene que al aumentar la edad de rebrote, se producen cambios en los componentes de la planta, tanto en los solubles, en los estructurales, así como en la digestibilidad, lo que ocasiona que se vea afectado a la baja el valor nutritivo a medida que avanza la edad. Este autor también hace referencia a que por ejemplo los tallos jóvenes tienen altas concentraciones de fracciones solubles y su digestibilidad puede ser como las de las hojas o incluso mayor, pero dicha calidad decrece con el envejecimiento de la planta. Sin embargo, utilizar en edades tempranas tiene como desventaja baja concentración de materia seca y nutrientes.

Balocchi et al. (2007) afirman también que el valor nutritivo de las forrajeras decrece con la edad de las mismas, por lo que para tener la máxima producción de forraje posible, estos autores creen pertinente adecuar un sistema de defoliación para tener un balance entre ambas.

En relación a la composición nutricional, el contenido proteico presentó en promedio el mismo patrón que la producción de biomasa evaluada en la zafra 2020/2021, con un promedio de 12,2% de PC (Cuitiño et al., 2021), notándose un incremento en comparación con lo presentado en el cuadro. En relación a esto, hay que considerar también que las gramíneas tropicales, contienen una menor concentración de proteína bruta ($N \times 6.25$), lo cual limita el consumo voluntario cuando sus tenores no sobrepasan el 7 % de la MS (del Pozo, 2004).

Las especies de origen tropical tienen menor valor nutritivo que las templadas, ya que poseen menor digestibilidad y consumo voluntario por parte de los animales, así como también menos proteína cruda y algunos nutrientes. Además las gramíneas de este origen presentan mayor contenido de pared celular, por tanto más lignina y menor relación celulosa/hemicelulosa (Van Soest, 1994). En ese sentido, Carámbula (1996) menciona que en el caso de las gramíneas tropicales la mayor limitante es un consumo bajo en energía digestible y en proteínas, relacionada a una baja digestibilidad.

En una de sus investigaciones, Montossi et al. (2017) encontraron respecto a la calidad del sorgo tipo BMR azucarado que se pastorea, que los máximos porcentajes de proteína cruda se encontraron durante el primer pastoreo (19,6%) y el mínimo durante el tercer pastoreo (8,69%), la digestibilidad de la materia orgánica osciló entre 78,8% en el primer pastoreo y 74,9% en el segundo. En cuanto a la FDN, tuvo su mínimo valor en el primer pastoreo, 57,6% y su máximo durante el segundo (64,3%).

Bianco et al. (2003) encontraron que en sorgos BMR se presentaba un 2% más de PB, y además un mayor contenido de de las fracciones que

corresponden a la pared celular pero con menor lignificación, explicando esto la buena digestibilidad y consumo al compararse con maíz. También Hernández y Moreno (2011) afirman que al incorporarse el gen BMR en el sorgo, se reducía la lignina y esto se veía reflejado en indicadores como son la FDA, y FDN, viéndose mejorada la digestibilidad de dichas variedades respecto a las variedades sin dicho gen.

Trujillo y Uriarte (2011) aseguran que al darse variaciones morfológicas en la planta, con un incremento en la proporción de tallos, se dan cambios también químicos, que llevan a la disminución de la digestibilidad del tallo (dado por el aumento de la proporción de pared celular, explicado por el incremento de lignina y hemicelulosa), y la baja de los compuestos nitrogenados y solubles. Al aumentar la proporción de tallos y bajar la digestibilidad de los mismos, esto redundaría en la disminución de la digestibilidad de toda la planta. La digestibilidad de las hojas también decrece con la madurez de la planta, pero no tan significativamente como en los tallos. Respecto a la proteína cruda, en la lámina así como en la fracción tallo y vaina baja a medida que la planta madura, siendo menor la disminución en la lámina.

Estos mismos autores afirman que el efecto que produce el avance de la madurez en la planta, es similar al efecto que ejerce la temperatura sobre el valor nutritivo de la planta.

2.4.2. Disponibilidad y estructura del forraje

Lyons et al. (2001) definen a la asignación de forraje como la cantidad de forraje disponible por cada animal (kg de MS/100 kg de PV). Este factor de manejo es importante conocerlo dado que es un indicador de la influencia que tiene la disponibilidad de forraje en el consumo animal.

Briano et al. (2013) encontraron en uno de sus trabajos, que asignando diferentes cantidades de forraje, se logran diferentes consumos, sin influir la categoría animal evaluada. Siendo por ello que a mayores asignaciones de forraje se lograron mayores consumos que a bajas asignaciones de forraje. Según Tergas (1982) esa relación se puede describir a partir de una curva asintótica, en la cual a medida que aumenta la disponibilidad de pasto, aumenta el consumo de materia seca, hasta un punto en el cual, a pesar de que aumente la disponibilidad, no hay aumento en el consumo.

En relación a lo anterior, Cangiano (1996) asegura también que la relación entre consumo de materia seca y cantidad de forraje originan una línea curva que tiende asintóticamente a un máximo. En dicha curva, la parte ascendente corresponde a los factores no nutricionales, como la capacidad de

cosecha por parte del animal, que limita el consumo por una regulación a partir del comportamiento ingestivo del animal. Este comportamiento es afectado por la estructura de la pastura, donde la oferta de forraje y altura inciden de manera relevante. En referencia a la parte asintótica de la curva, esta es afectada por factores nutricionales, donde la digestibilidad, el tiempo de retención en el rumen y la concentración de productos metabólicos impactan limitando el consumo.

La altura como se mencionó antes, es un factor de gran incidencia en el consumo, ya que este aumenta a medida que hay mayor altura de forraje, esto dado a que el animal tiene mayor facilidad para la cosecha, aumentando así la tasa de consumo. Es por esto que cuando la altura del forraje es más baja, se ve incrementado el tiempo de pastoreo y la tasa de bocado, siendo no suficiente para compensar la reducción en el consumo por bocado, tendiendo así a disminuir el consumo diario de forraje por parte del animal (Montossi et al., 1996). En este mismo sentido, Chacón (2012) asegura que cuando las pasturas tienen alta altura, buen contenido de hojas y disponibilidades elevadas, el tamaño de bocado es alto, el tiempo dedicado a pastoreo se reduce, así como los bocados totales y el esfuerzo energético dedicado a la cosecha.

En el caso particular del sorgo forrajero, Vaz Martins et al. (2003b) encontraron evaluando diferentes tipos de sorgo, que cuando se pastorea a mayores alturas de ingreso, existe una mayor utilización del forraje, por lo tanto un mayor consumo, pero esto no se ve reflejado en la productividad animal. Berlangieri (2008) afirma que a mayor altura de entrada a pastoreo, se le permite al animal una mejor accesibilidad, lo que provoca una mayor tasa de bocado dada la mayor altura, asociada a más cantidad de hojas en la parte superior de las pasturas, que permite lograr con mayor facilidad la cosecha.

De los componentes de la pastura, los que influyen en mayor manera sobre el consumo animal, son la cantidad y porcentaje de hojas, la altura de la pastura y la distribución que tengan las hojas en la planta. Estos ejercen influencia sobre el tamaño del bocado, tasa de consumo, tiempo de pastoreo, y por ende en el consumo total que realizan los animales. En relación a la altura del forraje, cuando es alta, la tasa de consumo se incrementa, en tanto la velocidad de pastoreo disminuye (Chacón, 2012). En ese sentido, Barahona y Sánchez (2005) concuerdan con lo dicho anteriormente, mencionan que la estructura de la pradera genera cambios en el consumo de los animales, y que tanto la densidad como la altura de la planta, así como la relación hoja/tallo y relación material vivo/muerto, afectan el consumo.

González (2010) asegura que la altura de la pastura está relacionada directamente con el peso del bocado, por lo que ésta conjuntamente a la disponibilidad de forraje verde y disponibilidad de materia seca, afectan el

consumo de los animales. Chilibroste (1998) menciona también que la estructura de la pastura, incluyendo la altura, densidad y altura de las vainas, es importante conocerla para tener noción de cómo será el consumo. La altura se considera la más importante, ya que está directamente asociada tanto al tamaño de bocado como a las tasas de consumo instantáneas. Este mismo autor afirma que a menor altura del forraje, baja el peso de cada bocado, y se puede compensar dentro de ciertos límites por el aumento en la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo del animal.

En gramíneas templadas, la mayor altura del forraje brinda una mayor accesibilidad por parte del animal, lo que permite que haya un mayor peso de bocado (Wade y Agnusdei, 2001). Esta relación con la altura de la pastura también fue encontrada por Chacón y Stobbs (1976) en gramíneas tropicales, aunque dichos autores atribuyen el efecto positivo que da la altura del forraje sobre el consumo, a la mayor cantidad de hojas presentes.

Wade y Agnusdei (2001) argumentan que el tiempo de pastoreo así como la tasa de consumo en gramíneas está relacionada con la morfología del pasto que se le ofrece e ingiere el animal, y que el consumo se ve favorecido por un alto nivel de hojas verdes en el forraje. Esta relación existente entre el consumo del animal y las características morfológicas del forraje desde hace años es identificada, aunque los mecanismos que la explican no son conocidos.

Estos mismos autores afirman que en el mundo, el manejo del pastoreo a partir de la altura es muy utilizado, sobre todo en zonas de clima templado, dado que se asocia como una buena herramienta para estimar la disponibilidad instantánea de materia seca. El mismo se basa en que existen relaciones asintóticas entre el consumo diario, la performance animal y la altura que tiene la pastura. Dichas relaciones así mismo resultan de relaciones lineales existentes entre la tasa de consumo y la altura de la pastura dentro de cierto límite impuesto por el tiempo de pastoreo. El mecanismo explicativo que más se acepta en la literatura en relación a esto, es la accesibilidad, que está dada por la mayor altura del forraje, que determina un mayor peso de bocado.

2.5. TIPOS DE SORGO FORRAJERO

2.5.1. Características de híbridos (BMR y fotosensitivos)

El sorgo forrajero híbrido, se origina a partir del cruzamiento de sudangrass y sorgo granífero (Fassio et al. 2002).

-BMR:

El gen BMR es producto de una mutación simple, para que se exprese tiene que estar en forma homocigoto recesivo (Salas, 2006). Murray et al. (2010) citan al BMR (tipo nervadura marrón), como un sorgo que posee una mutación que hace que tenga de un 30 a un 60% menos de contenido de lignina que uno de tipo normal, y que recibe ese nombre por poseer la nervadura central de la hoja una coloración marrón. Según Lus (2020), el menor contenido de lignina, implica un aumento de 8 a 15 puntos de digestibilidad dependiendo del híbrido y su conformación genética.

Los híbridos de sorgo que poseen el gen BMR (Brown Mild Rib), contienen un menor contenido de lignina en planta, que le confiere más palatabilidad y digestibilidad, y por tanto un mayor consumo de tallos (Barbera y Benítez, 2016).

Con respecto a la mutación, esta le confiere al sorgo una mayor ventana de utilización eficiente bajo pastoreo, y permite maximizar la producción sin consecuencia de la disminución de la calidad por el aumento del volumen (Lus, 2020).

Los genes en dicho material se distinguen por su localización, en los que se encontraron diferencias en producción son en bmr 6 y bmr 12. Este último presenta menor contenido de lignina en el tallo y hojas, y una mayor digestibilidad de la fibra comparado con el bmr 6 (Alessandri, 2012).

Según Tranier y Mayo (2014), el BMR tiene baja cantidad de lignina en el forraje, una aceptable producción de grano y una destacada digestibilidad, siendo apto para pastorear directamente por los animales así como también buena aptitud para ensilar. Por esto se puede decir que dicha variedad tiene múltiples usos ya sea como pastoreo directo, diferido y confección de reservas. Se destaca por una alta calidad de forraje que es explicado por el gran contenido de azúcares en tallo y bajo contenido de lignina. Presenta buen porte y gran volumen de producción, y además su palatabilidad logra maximizar el consumo y la ganancia de peso. También muy adaptado al pisoteo, de hoja muy sana y gran velocidad de macollaje y rebrote (Todo Agro, 2022a).

Según Berlangieri (2008), el sorgo BMR presenta mayor porcentaje de implantación frente al sorgo híbrido medido 31 días pos siembra.

En trabajos realizados, se pudo determinar que produjo menor cantidad de MS/ha pero fue el que más se consumió y obtuvo mayor eficiencia de pastoreo que uno híbrido convencional; esto debido a las características que presenta el

BMR. Se puede concluir que el sorgo BMR bajo pastoreo aporta una mayor calidad del forraje ofrecido, por tanto logra maximizar la producción forrajera de calidad, sin representar un costo adicional (Lus, 2020). Sumado a que la digestibilidad de la materia seca es 5-10% mayor con respecto a los híbridos forrajeros del mercado, pero a veces dicha característica no se refleja en la productividad animal a escala de lote (Carrasco et al., 2011).

-Fotosensitivo:

Los sorgos forrajeros fotosensitivos, presentan requerimientos de días cortos para inducir la floración. Esto tiene ventajas en el pastoreo, debido a que permite flexibilizar el momento de utilización, pastoreando una planta menos encañada, con mayor porcentaje de tallo y hoja, y por tanto mayor digestibilidad (Aello et al., 2018). Además presentan mayor contenido de proteína bruta comparado con el sorgo BMR. En cambio, con respecto a la digestibilidad es a la inversa (Di Buo, 2010b).

Estos materiales fotosensitivos, como se nombró anteriormente responden al día corto, aunque todos los sorgos son sensibles al fotoperiodo. Pero estos no comienzan a florecer hasta que la duración del día sea menor a 12 horas 20 minutos aproximadamente (Bautler y Bean, citados por Barbera y Benítez, 2016), es decir son materiales mejorados para retrasar el comienzo de la floración hasta 120 días y algunos no florecen. Esto permite que no se encañe, es una ventaja ya que ofrece hasta 50 días más de pasto verde de buena calidad que otros híbridos (Di Buo, 2010b).

Según Tranier y Mayo (2014), presentan buena adaptación al pastoreo directo, generando mayor volumen de forraje. Además son los que aportan mayor producción de forraje total ensilable, pero de alto contenido en fibra, es decir de baja calidad nutricional (Carrasaco et al., 2011).

Giorda y Cordes (2008) remarcan que los sorgos fotosensitivos prolongan su fase vegetativa, llegando a no florecer o haciéndolo de manera tardía. Dicha característica le otorga a este tipo de sorgos, una gran adaptación al uso en pastoreo, ya que estando así, la digestibilidad es mayor que en estados de madurez más avanzados.

Los fotosensitivos tienen además la ventaja de producir alta cantidad de biomasa, alta capacidad de rebrote y alta proporción hoja/tallo lo que les permite ser materiales interesantes para la confección de henos, silos mixtos (maíz y sorgo) y para el aprovechamiento directo por parte de los animales en pastoreo (Fariza et al., 2017).

2.5.1.1. Palatabilidad y composición química

La palatabilidad hace referencia a la característica de un alimento que genera una respuesta selectiva en un animal en pastoreo (Heady, citado por Plata et al., 2009). Además es un factor determinante en el consumo de las forrajeras, genera que sea importante la elección de alimentos (Plata et al., 2009). Otros autores definen que la palatabilidad de una planta forrajera es directamente proporcional a la ingesta de esta (Koerth y Stuth, citados por Plata et al., 2009).

Una buena digestibilidad se asocia al concepto de palatabilidad, y es una manera de garantizar la calidad del alimento (BRF Ingredients, 2019). Agronews Castilla y León (s.f.) menciona que en la mayoría de las situaciones, cuanto mayor es la palatabilidad y la digestibilidad, mayor es el consumo de forraje. La digestibilidad depende tanto del desarrollo de la planta, siendo los valores más elevados de la misma cuando la planta está en fases tempranas. Esto ocurre dado la mayor proporción de hojas y menos material lignificado; en cambio al final del ciclo, aumenta la proporción de tallos, la fibra se vuelve más lignificada y la digestibilidad baja.

Los materiales BMR se destacan por mayor palatabilidad y calidad, ya que presentan menor porcentaje de lignina en tallo y hoja, por tanto una alta digestibilidad. Y los sorgos tipo sudan al presentar alto nivel de azúcares en tallo y alta relación hoja/tallo generan gran palatabilidad (Todo Agro, 2022b). Estos materiales logran un forraje de mayor calidad que el sorgo forrajero pero con menor producción por hectárea. Con respecto a los sorgos azucarados presentan alta calidad y palatabilidad por el mayor contenido de azúcares, aunque este varía según el cultivar (Carámbula, 2007).

Biscayart Semillas (s.f.) destaca que las mutaciones con el gen bmr se comenzaron a realizar hace unos 15 años. Dicho gen es considerado un marcador del forraje con escasa lignina y elevada digestibilidad, aumentando hasta un 55% más que los sorgos que no poseen el gen bmr, lo que se vincula con el incremento de rendimiento por parte del animal.

González (2013b) también reafirma que los sorgos que tienen el gen bmr, tienen menor contenido de lignina tanto en hojas como tallos, dicho componente es un componente de la pared celular que es totalmente indigestible para los rumiantes, y por ello tienen una mayor digestibilidad que los que no presentan dicho gen. La característica de nervadura marrón le otorga a estos híbridos un aumento en la calidad del forraje.

Por su parte, Barahona y Sánchez (2005) afirman que tanto en maíz, sorgo y millo perlado, se han encontrado mutaciones a nivel de un solo gen, nervadura café, que afecta la composición, la degradabilidad y la concentración de la fibra. Dichos mutantes son recesivos de heredabilidad simple, que se identifican porque los tallos y la nervadura central de la hoja tienen color café. Poseen una lignina de tipo condensada, que tiene más enlaces entre sí y la hace más soluble que la normal. Además Parsi et al. (2001) demostró que la cantidad de lignina es el factor más crítico que afecta la digestibilidad del forraje, por lo tanto se ve afectada la calidad por la reducción en esta y por una menor tasa de digestión, que termina afectando el consumo voluntario por parte del animal.

Torrecillas (2006) afirma que los sorgos tipo BMR poseen mayor palatabilidad y preferencia por parte de los animales en comparación con los híbridos convencionales, lo que se ve reflejado en que no solo las hojas sean consumidas, sino también los tallos.

Rossi et al. (2008) en su trabajo, evaluaron la calidad nutricional y la producción de materia seca en maíces y sorgos para silo. En cuanto a la producción, un sorgo tipo BMR y un maíz alcanzaron producciones similares, y respecto a la calidad nutricional, la PB de tallos y hojas fueron mayores en el maíz, en tanto el sorgo presenta mayor % digestibilidad y de energía digestible en dicha fracción de la planta. Respecto a la PB en espigas, el maíz tiene menores valores que las panojas de sorgo, en cambio la digestibilidad y el energía digestible es mayor en las espigas del maíz.

Clará et al. (2011) afirma también que el gen BMR permite disminuir significativamente la cantidad de lignina de la fibra, por lo que la planta brinda mayor digestibilidad de sus nutrientes en el estómago de los animales que la consumen. Es por esto que las plantas de sorgo BMR son más similares al maíz y llegan a competir con este en valor nutritivo. En ese sentido, de León y Giménez (2008) encontraron que los sorgos con nervadura marrón pueden ser una alternativa que compita con el maíz, sobre todo en zonas donde el maíz pueda verse afectado por suelo o clima.

En cuanto a los de tipo fotosensitivo, González (2013b) menciona que estos poseen una fase vegetativa más larga, lo que les permite flexibilizar el momento de utilización, incluso al no florecer, no producen grano, por lo que dicha característica le permite mantener el valor nutritivo, sobre todo en relación a la digestibilidad de la pared celular, dada la menor lignificación, además producen elevados rendimientos, y pueden ser utilizados en mantenimiento por ejemplo de vacas de cría, donde los requerimientos de proteína bruta y energía no necesitan ser elevados.

Este mismo autor en una investigación encontró que cuando se comparaban diferentes materiales, con y sin gen bmr, al ser cortado y evaluados a una altura de 70-80 cm no se presentaron diferencias significativas en la digestibilidad, esto explicado porque en todos los casos había alta proporción de hojas tiernas, y la cantidad de lignina en los materiales fue similar, y por ende la digestibilidad. En cambio, al evaluarse con un solo corte acumulado, la digestibilidad del bmr fue superior, resultado que era esperado.

Ramalho citado por Ortiz (2020) menciona que la lignina se encuentra más concentrada en pastos tropicales que en pastos templados, y por ello los primeros poseen una menor digestibilidad. En ese sentido, Ortiz (2020) menciona que cuanto más aumentan los niveles de fibra detergente neutra y la lignina, baja la digestibilidad de la materia orgánica, y por ende el consumo de los animales. Destaca que la digestibilidad de las especies de origen tropical varía entre 40 y 60%, mientras que las templadas, tienen valores mayores de entre 55 y 75%, atribuyendo este descenso de la digestibilidad de las pasturas a la lignina.

Relacionado a la composición química de los forrajes, ésta predice su potencial productivo, la respuesta animal e identifica deficiencias nutricionales que se necesitan corregir para maximizar la producción (INTA, s.f.).

Los autores Amador y Boschini (2000) comprobaron que para sorgo negro forrajero el contenido de proteína cruda en la hoja fue mayor al del tallo. Relacionado a esto, observaron que el contenido proteico en hoja, tallo y planta entera disminuye significativamente con el aumento de la edad (38 a 150 días). Con respecto al contenido de fibra detergente neutro en hojas y tallos fue menor a 60 % en los primeros meses de crecimiento. El tallo fue aumentando la fracción fibrosa.

A los 65 días de crecimiento del sorgo, la composición química de la planta entera es buena y a los 85 días disminuye la calidad, principalmente la proteína cruda en el tallo, y a su vez aumenta el contenido de lignina en este. Se pudo concluir del experimento que las hojas tienen mayor contenido de materia seca y proteína cruda que los tallos (Amador y Boschini, 2000).

Fernández (2011) afirma que al comparar sorgos BMR con sorgos forrajeros tradicionales tipo sudangrass, en cuanto a la calidad nutricional, los primeros poseen mayor digestibilidad dada la menor cantidad de lignina que poseen sus tejidos. Cuando se trabaja con sorgos BMR diferidos, se logran buenas producciones si se acompaña con buen manejo, disponibilidad de pasto y adecuado aporte proteico. Estos sorgos BMR además tienen la ventaja de ser una buena alternativa en regiones que pueden verse afectadas por sequías o heladas. En relación a lo anterior, Bolaños et al. (2012) al comparar rendimientos

y calidad de sorgos con y sin gen BMR, encontraron que los BMR a pesar de tener alta proporción de tallo tuvieron mayores digestibilidades por tener dicho gen, pero dado esa mayor cantidad de tallo tenían menores concentraciones de proteína.

Darby et al. (2012) aseguran que el aumento de la digestibilidad de la fibra detergente neutro (FDN), celulosa y hemicelulosa en los sorgos BMR, llevan al aumento del consumo de MS, provocando mejoras en la producción y en la condición corporal de los animales.

Respecto a los fotosensitivos, Kent (2019) asegura que son sorgos que se recomiendan para pastoreo directo y no para ensilaje dada su alto contenido de agua, por tanto bajo % de MS. También existen ciertos sorgos fotosensitivos que tienen incorporado el carácter BMR y mayor nivel de azúcar, que le confieren mayor digestibilidad.

Carrasco et al. (2011) aseguran que los sorgos de tipo fotosensitivo son quienes aportan mayor producción de forraje total para ensilar, pero poseen alto contenido de fibra, lo que ocasiona una disminución en la calidad nutricional.

2.5.1.2. Consumo y digestibilidad

Al consumo de los animales en especies tropicales, la característica que más lo condiciona es la densidad de la pastura y no la altura como lo es en las templadas (Stobbs, citado por Gabard y Russi, 2005). A su vez otros autores, afirman que la disponibilidad de materia seca no explicaba el consumo de los animales, en cambio la que sí lo explicaba era la disponibilidad de materia verde seca (Euclides et al., citados por Gabard y Russi, 2005).

Un factor que lo puede condicionar al consumo, es la facilidad de prehensión de las especies forrajeras, ya que la estructura es la que en mayor medida puede condicionar la accesibilidad de la pastura. Se pudo determinar correlaciones positivas entre densidad de hojas y relación hoja-tallo con consumo en pasturas tropicales (Stobbs, Hendricksen y Minson, citados por Gabard y Russi, 2005).

Según Lus (2020), las altas tasas de crecimiento que presenta el sorgo y utilizado bajo pastoreo rotativo, al comenzar las primeras parcelas a la altura recomendada de 50-60 cm, y se llega a los últimos pastoreos con 100-120 cm. Esto genera una disminución de la calidad que a su vez baja la aceptación animal, es decir el consumo y lo consumido es menor, por menos digestible.

En el consumo por parte de los animales, hay que tener en cuenta el contenido de HCN que puede generar toxicidad en estos, y varían con el consumo y la tolerancia individual de cada animal. Esa toxicidad se puede disminuir con un adecuado manejo, es decir evitando pastorear los rebrotes de rápido crecimiento luego de algún tipo de estrés (Fassio et al., 2002).

Con respecto a la digestibilidad de la MS, esta se encuentra 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 (Vaz Martins, 2000). También la digestibilidad de la materia orgánica consumida presenta una relación alta con el porcentaje de proteína cruda. Pero se comprobó que el suplementar con nitrógeno no resultó en un aumento del consumo o digestibilidad del forraje (Weston y Hogan, citados por Fassio et al., 2002).

La digestibilidad depende de las partes de la planta. Las hojas de las gramíneas se desarrollan de manera que las hojas jóvenes quedan hacia arriba, por tanto estas son las más digestibles y las hojas viejas en los niveles inferiores. Esto determina que la digestibilidad disminuye hacia la base de la planta (Burton et al. y Stobbs, citados por Fassio, 2002).

Según Fassio et al. (2002), en sorgo los valores de digestibilidad de hojas y tallos son parecidos. Relacionado a la digestibilidad de los tallos, hay diferencias entre gramíneas y leguminosas. En sorgo, el tallo funciona como un órgano de reservas con altas concentraciones de azúcares y carbohidratos (Downes et al., citados por Fassio, 2002). Otros autores Barahona y Sánchez (2005), aseguran que con el aumento de la madurez de las gramíneas, generan mayor contenido de los componentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa, y lignina), pero la proteína y la digestibilidad de la materia seca disminuyen. La altura de la planta y el porcentaje de tallos presenta un efecto directo con el contenido de fibra detergente ácido (FDA) y la digestibilidad (DMO) (Fassio et al., 2002).

En relación a los materiales estudiados en esta investigación, según McCuiston et al. (2005) encontraron que la digestibilidad para el caso de las variedades sensibles al fotoperíodo fue menor que en las variedades de nevadura central marrón.

2.5.1.3. Producción de materia seca

Rovira y Echeverría (2013), reportaron que comparando el valor nutritivo de la fracción hoja, en el caso del BMR se encontró un menor porcentaje de materia seca, y que este además posee mayor digestibilidad que el sudangras.

A su vez encontraron que el BMR tiene menor contenido de lignina en el tallo, lo que provocó mejoras en la ganancia de peso de los novillos estudiados; así como también menores valores de fibra detergente neutra y ácida (FDN y FDA respectivamente), con implicancias en el consumo tanto de materia seca como de energía.

En sorgos BMR, bajas disponibilidades de materia seca al inicio del pastoreo provoca un debilitamiento de las plantas y un rebrote poco vigoroso, con la sumatoria de todos los pastoreos provocarán un gran impacto en la producción final total del cultivo. Mientras que a mayores disponibilidades al pastoreo determinan producciones totales más elevadas, pero el sorgo al ser una especie de tipo C4, determina drásticamente una caída de la calidad del material ofrecido, lo cual genera rechazos de los animales en pastoreo (Lus, 2020).

El mejoramiento de los cultivares BMR ha permitido el aumento en producción que llegan a superar a los híbridos comunes, generalmente se encuentran por encima del promedio (Berlangieri, 2008). Mientras que los sorgos fotosensitivos presentan una menor producción comparado con los no fotosensitivos, y sin ventajas en eficiencia de cosecha a pesar de no florecer recién en marzo (Collet, citado por Barbera y Benítez, 2016).

Barbera y Benítez (2016) realizaron un ensayo y comprobaron que las producciones fueron similares entre materiales con y sin el gen BMR (9772 vs 10.002 kg MS/ha), pero menor producción para los sorgos fotosensitivos que los materiales sin esta característica (8843 vs 10988 kg MS/ha). Estos autores concluyeron que los fotosensitivos presentaron menor biomasa acumulada en pastoreos que los materiales BMR.

González (2013b) encontraron en su investigación que el cultivar de sorgo BMR presentó una producción de materia seca acumulada de 18.534 kg MS/ha, mientras que el sorgo fotosensitivo presentó una producción de 12.137 kg MS/ha.

En cambio, McCuiston et al. (2011) afirman que los sorgos de tipo fotosensitivos, mejoran la producción potencial de materia seca, dado que se ve extendido el período vegetativo de la planta. En ese sentido, Acosta (2013) en concordancia con los autores anteriores, encontró que en los sorgos con nervadura marrón la producción fue de 14.845 kg MS/ha, mientras que en los sorgos fotosensitivos la producción fue de 17.647 kg MS/ha.

Cuadro No. 2. . Producción de materia seca (Kg/ha) para dos cultivares de sorgo forrajero. Evaluación 2019/2021.

Cultivares	Producción de MS total acumulada (kg MS ha-1)
	Época 1 tardía
RA 270 BMR	8749
PROGRASS FS	9107

Fuente: Tomado de Cuitiño et al., 2021.

Se puede observar que en el cuadro No. 2 los resultados de producción de materia seca bajo corte para época tardía en La Estanzuela (Colonia) para la zafra de 2020/2021. En dicha evaluación se afirma lo nombrado por los autores anteriores, donde se obtiene más producción en términos de materia seca en los materiales fotosensitivos, dado que este cultivar se caracteriza por producir más volumen de forraje debido a la mayor duración de su periodo vegetativo.

En este caso sólo hay datos de la producción de materia seca para época tardía, por lo que al faltar las tempranas, no se pueden comparar. Pero según Berlangieri (2008) las siembras tardías reducen la producción de forraje y la cantidad de pastoreos posibles.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

El trabajo se desarrolló en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Paysandú, Uruguay (32°22'31.58" de latitud sur y 58° 3'47.11" de longitud oeste).

3.2. SUELO

El trabajo experimental fue realizado sobre suelos de tipo Brunosoles Éutricos Típicos, que presentan textura limo arcillosa, perteneciente a la unidad San Manuel dentro de la formación Fray Bentos. Según Durán (1985) el relieve manifiesta lomadas suaves y pendientes moderadas. En base a la clasificación de suelos Soil Taxonomy, estos suelos pueden caracterizarse como Argiudoles, habiendo asociados Natrudoles.

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 (MGAP, 2020).

3.3. PERÍODO

El período de realización de la misma fue entre el 26 de noviembre de 2020 (siembra de las parcelas) hasta el 30 de mayo de 2021 (fecha de finalización).

3.4. MATERIAL EXPERIMENTAL

La siembra se realizó el 26 de noviembre del 2020 en tres bloques, con cuatro parcelas cada uno, alternando cada una con los dos tipos de sorgo forrajero (Sorghum sudanense x Sorghum bicolor), BMR cv. Talismán y fotosensitivo cv. Green supremo, ambos con una densidad de siembra de 18,9 kg/ha.

El potrero donde se realizó, como antecesor tenía una pradera vieja (Festuca, Trebol Blanco y Lotus) de 7º año con renovación de Raigrás. Esta se quemó con los herbicidas Starane y Glifosato a una dosis de 400 cc/ha y 4 litros/ha respectivamente.

La mala implantación dada por 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, lo que llevó a que el número de las mismas se vea disminuido a 6. El área total donde se realizó el experimento fue de 4 hectáreas.

Se fertilizó al momento de la siembra con 100 kg/ha de 7-40/40-0, sin re fertilizaciones posteriores.

3.5. TRATAMIENTOS

Los tratamientos consisten en evaluar dos materiales de sorgo forrajero:

Materiales:

- Sorgo forrajero BMR (cv. Talismán).
- Sorgo forrajero fotosensitivo (cv Green supremo).

A continuación se puede visualizar el esquema representativo con la distribución de las parcelas en cada bloque correspondiente. Por lo nombrado anteriormente, los tratamientos fueron dos, en seis combinaciones. Se evaluaron menos parcelas ya que algunas presentan muy baja implantación. Las evaluadas son: bloque I parcela 1 (FS), bloque I parcela 2 (BMR); bloque II parcela 5 (BMR), bloque II parcela 6 (FS); bloque III parcela 11 (FS), bloque III parcela 12 (BMR).

3.6. CROQUIS DEL EXPERIMENTO

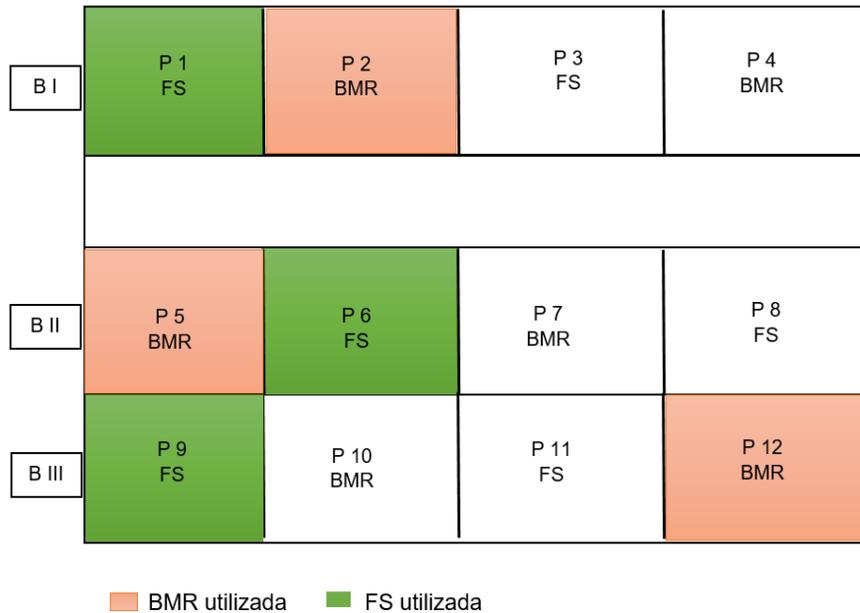


Figura No. 1. Diagrama representativo de los bloques I, II y III.
Referencias: (P) Parcela; (B) Bloque.

3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental que se utilizó para dicho experimento fue de bloques completamente aleatorizados (DBCA), con tres bloques, en parcelas de 0,4 ha, en un área total experimental de 4 ha.

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

Modelo estadístico:

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

$$i=1,2$$

$$j=1,2,3$$

Donde:

Y= Variable

μ = Media de la población conceptual

τ = Efecto del tratamiento

β = Efecto del bloque

ε = Variable aleatoria no observable

El análisis estadístico se realizó mediante el programa de INFOSTAT, obteniéndose como salidas el análisis de la varianza para los parámetros estudiados. Además cuando hay significación en dicho análisis se realiza el test de Tukey al 5%.

3.8. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.8.1. Manejo de la pastura

Se realizaron dos ciclos de pastoreo para cada tratamiento, ubicándose temporalmente en los siguientes periodos:

-Primer ciclo de pastoreo: 18 de febrero al 26 de marzo.

-Segundo ciclo de pastoreo: 12 de abril al 3 de mayo.

Con respecto al pastoreo, se determinaron criterios de entrada y salida de 90 cm y 40-60 cm respectivamente.

3.9. DETERMINACIONES REALIZADAS

3.9.1. Características de las semillas sembradas

3.9.1.1. Germinación

Se determinó en el laboratorio, el porcentaje de germinación a través de germinadores con tres repeticiones de cada variedad de sorgo.

Cuadro No. 3. Promedio del porcentaje de germinación en función de tres repeticiones.

Variedad	% Germinación
BMR	97
FS	94

3.9.1.2. Peso

Se calculó el peso de cien semillas promedio para cada variedad, pesando tres repeticiones de cien semillas de las que fueron sembradas en el trabajo.

El peso promedio de 1000 semillas fue de 29 g para Talismán BMR y de 19 g para Green supremo FS. Al sembrarse 19 kg/ha de semilla de ambas variedades, fueron sembradas 63 semillas viables/m² en el caso de BMR y 96 semillas viables/m² para FS.

3.9.2. Implantación

El día diez de febrero de 2021, 76 días post siembra para todos los tratamientos a evaluar, se recorrió la chacra y se hizo el relevamiento de la cantidad de plantas/m lineal para cada uno de los cultivares en cada uno de los bloques, lo que permitió dado que ya era conocido el número de semillas viables sembradas por metro cuadrado, conocer el porcentaje de implantación.

3.9.3. Determinaciones previo a cada pastoreo

3.9.3.1. Altura del forraje disponible

En cada parcela se realizaron 20 lecturas de altura al azar, midiendo al punto más alto de contacto de la planta (hoja o tallo) con la regla.

3.9.3.2. Utilización en altura

La utilización en altura indica la relación existente entre la altura disponible y la altura remanente posterior al pastoreo.

3.9.3.3. Número de nudos del disponible

Se realizaron lecturas del número de nudos por planta para 18 tallos de cada parcela.

3.9.3.4. Disponibilidad de forraje

Se determina la disponibilidad de cada parcela mediante el método de conteo individual de plantas/m lineal en 6 hileras dobles de zonas aleatorias dentro de cada una de las parcelas. De cada zona se toma una planta, la cual se pesa posteriormente y se obtiene el peso fresco. Con el dato de peso seco de las muestras de cada parcela, el n° de plantas/m lineal y la distancia entre hileras se calcula el disponible/m² y a partir de eso el disponible/ha. Mediante estimación visual se cuantificó porcentualmente las malezas presentes antes de tomar las muestras.

La muestra en el laboratorio primero se pesó en verde, luego se secó en estufa a 60° por 48 horas aproximadamente, y posteriormente se pesó seca, lo que permitió determinar el porcentaje de materia seca de la misma. El secado y el pesado se hizo por partes como se indica en el punto 3.9.4.4.

3.9.3.5. Composición botánica

La muestra se 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.

3.9.4. Determinaciones luego de cada pastoreo

3.9.4.1. Altura remanente

Se obtuvieron 20 lecturas de altura, medidas en el punto más alto de contacto con la regla.

3.9.4.2. Forraje remanente

Se determinó de igual forma al especificado en el ítem 3.9.4.3 pero posterior a la salida de los animales de cada parcela.

3.9.4.3. Composición botánica

La muestra se 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.

3.9.4.4. Forraje desaparecido

Se calcula mediante la diferencia entre la cantidad de forraje disponible en cada pastoreo menos la cantidad de forraje remanente de dicho pastoreo ajustado por la tasa de crecimiento durante los días de pastoreo.

3.9.4.5. Producción de forraje

Se calcula mediante la diferencia entre la cantidad de forraje disponible en cada pastoreo menos la cantidad de forraje remanente del pastoreo anterior.

3.9.5. Uso del agua

Se calcula el uso del agua (kg de MS/ha/mm), teniendo en cuenta el crecimiento en Kg MS/ha de cada cultivar de sorgo y para cada ciclo de pastoreo, así como el promedio de precipitaciones ocurridas para los periodos de pastoreos evaluados.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE

4.1.1. Temperatura

Las temperaturas mínimas registradas durante el período entre la siembra y la emergencia del cultivo fueron de 8°C y 8,9 °C, lo que pudo haber perjudicado tanto la germinación como la emergencia del sorgo forrajero.

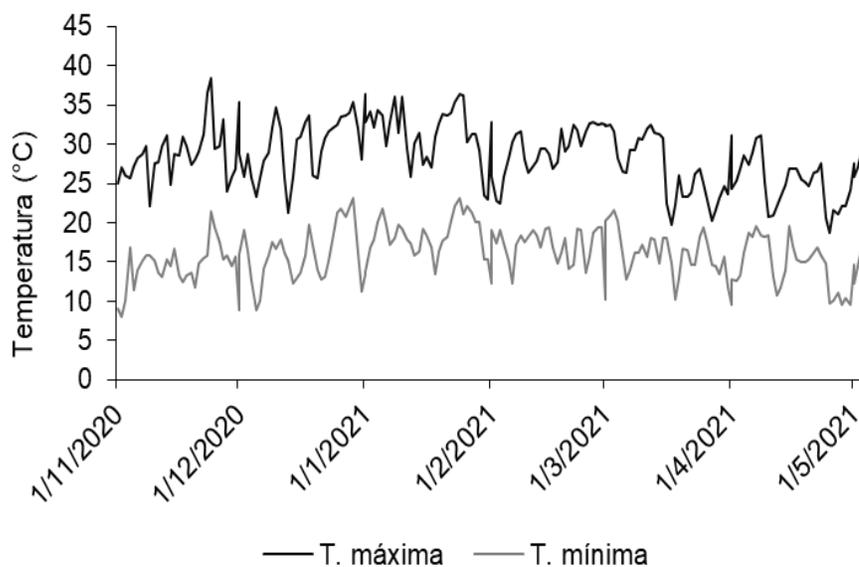


Figura No. 2. Temperatura mínima y máxima diaria para el período noviembre 2020/ mayo 2021, Paysandú.

Durante la etapa de pastoreo, se dieron temperaturas adecuadas para tener buenos crecimientos de forraje. No se dio en el período final de pastoreo presencia de bajas temperaturas con heladas que pudieran afectar el crecimiento del forraje (Figura No. 2).

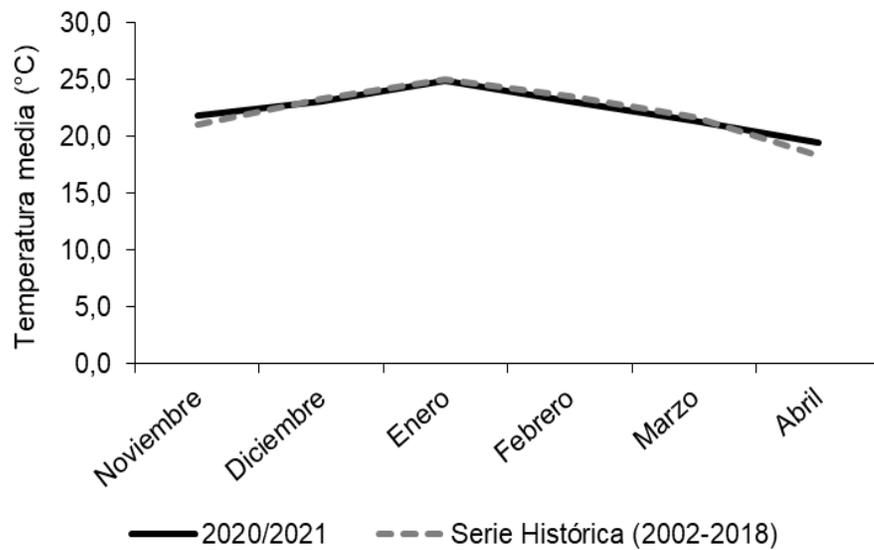


Figura No. 3. Temperatura media ($^{\circ}$ C) para el periodo noviembre-abril 2020/2021 y serie histórica 2002/2018 en Paysandú.

La figura No. 3 muestra que durante el período experimental las temperaturas medias mensuales fueron muy similares a las registradas en la serie histórica 2002-2018. No considerándose el mes de mayo, dado que durante dicho mes solo se pastorea los primeros tres días.

4.1.2. Precipitaciones

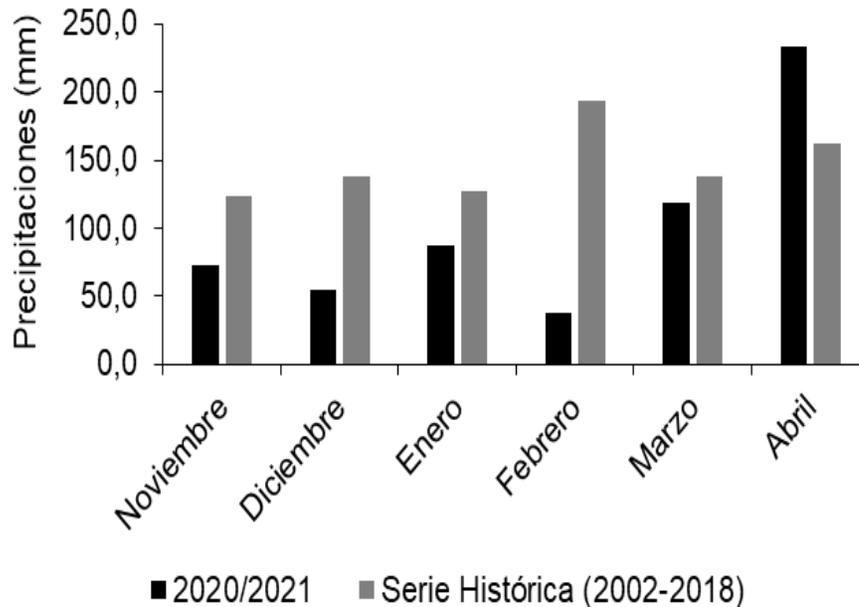


Figura No. 4. Precipitaciones ocurridas entre 1/11/20 y el 30/04/21 y serie histórica de precipitaciones de 2002 hasta 2018, en Paysandú.

Como se observa en la figura No. 4, durante el período experimental se presentaron meses con déficit hídrico, con precipitaciones que se presentaron por debajo de la serie histórica de Paysandú, a excepción del mes de abril, donde las precipitaciones se presentaron entre los días 9 y 10 (206 mm). En función de esta información, el perfil del suelo se encontraba durante todo el período de pastoreo sin incluir el mes de abril, con déficit hídrico dadas las escasas precipitaciones.

Con respecto al mes de siembra, noviembre se caracterizó por tener precipitaciones también por debajo de la serie histórica de Paysandú para el período 2002-2018, por lo que se sembró el 26 de noviembre, posterior a la lluvia del 25 de dicho mes (16 mm), y dos días más tarde, llovieron 50 mm que pueden ser la causa de la baja implantación lograda.

Cuadro No. 4. Precipitaciones (mm) ocurridas en la zafra 20/21 por pastoreo.

Período	Precipitaciones (mm)
Siembra a último pastoreo	583
Siembra a inicio primer pastoreo	231
1er pastoreo	15
2do pastoreo	46

La falta de lluvias provocaron que se retrasara la fecha del primer pastoreo, ya que el crecimiento se vio enlentecido, lo que pudo haber generado menor producción de materia seca.

Las bajas precipitaciones acumuladas en los 2 ciclos de pastoreo junto con las altas temperaturas pudieron a su vez comprometer los rebrotes luego de la salida de los animales, afectando también la producción de forraje.

En definitiva, el experimento se desarrolló bajo condiciones de temperaturas normales para la época, pero acompañado de un déficit hídrico marcado durante todo el período a excepción de la última quincena de pastoreo en el mes de abril. Cabe mencionar que al igual que para el caso de las temperaturas, no se consideró el mes de mayo, dado que solo se pastoreo allí durante tres días.

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. Cabe aclarar, que se debió comenzar con el suelo saturado el balance, pero este no lo estaba al momento de la siembra, e incluso no lo estuvo los dos meses previos a la misma, por eso se comienza en esa fecha el balance, a pesar de que no hubiera saturación completa de la lámina del suelo. En la figura N° 5 se muestra la cantidad de agua disponible en el suelo para el período a partir de la fecha de siembra.

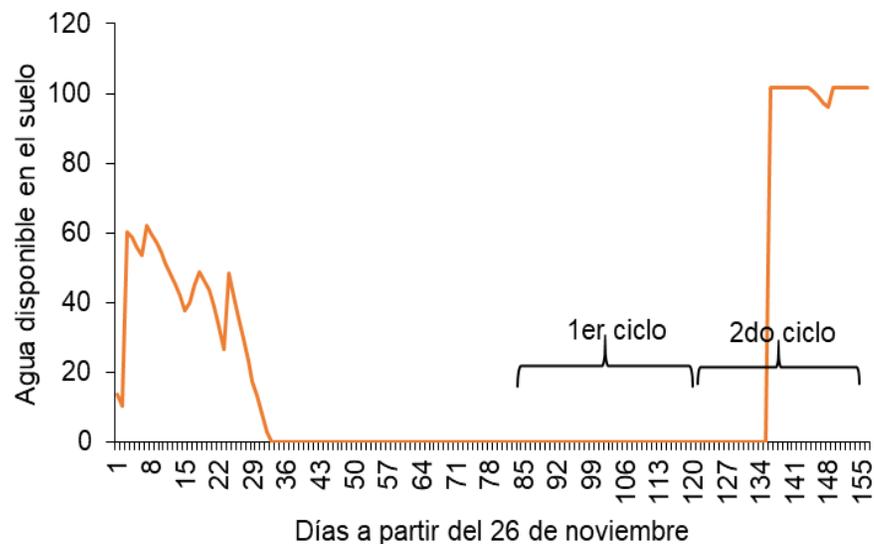


Figura No. 5 Agua disponible en el suelo para la estación de crecimiento del cultivo.

Los resultados denotan un período de déficit hídrico de gran magnitud, lo cual indicaría el impedimento de crecimiento vegetal, dada la falta de agua disponible en el suelo. Esto puede estar explicado por la sobreestimación de las pérdidas calculadas durante el periodo del balance, dado los coeficientes de cultivo (K_c) para sorgo forrajero utilizados. Los valores que se emplearon son un promedio que se calculó a partir de lo mencionado por Jasso et al. (2007) y Algorta y Leániz (2014).

Las estimaciones de la disponibilidad de agua se obtuvieron a través del balance, el cual se calculó en función de la evapotranspiración del cultivo (E_{tc}) y las precipitaciones ocurridas. Las precipitaciones empleadas para el cálculo fueron tomadas de planillas pertenecientes a la Estación Meteorológica de la EEMAC.

El balance hídrico como se mencionó, permite visualizar la presencia de déficit hídrico durante gran parte del período de pastoreo.

El desarrollo del sistema radicular se pudo ver afectado por condiciones adversas ya que en las primeras etapas del cultivo prioriza a las raíces, en este caso principalmente por la baja disponibilidad de agua en el suelo (Carrasco et

al., 2011). Esto es muy importante ya que las raíces permiten resistir al déficit hídrico, y así afectar en menor medida al crecimiento.

Se podría haber determinado un manejo relacionado a la distancia entre hileras, para prevenir en cierta medida el impacto del déficit hídrico, ya que a mayores distancias se logra una menor competencia por el agua entre las plantas, lo cual mejoraría el desarrollo y crecimiento de estas.

4.2. IMPLANTACIÓN

Se obtuvieron 27 plantas/m lineal promedio para el fotosensitivo y 22 plantas/m lineal promedio para el BMR en el bloque 1 que fue el evaluado, lo que da como resultado de implantación, conociendo el número de semillas viables sembradas, una implantación de 28% para el fotosensitivo, y 35% para el BMR medido a 76 días post siembra. Probablemente la baja implantación registrada en ambos cultivares estuvo dada por las condiciones ambientales, más precisamente la falta de lluvias ocurridas durante dicho periodo. Esto se corresponde con datos obtenidos por otros autores, que obtuvieron valores entre 20 y 40 % de implantación del sorgo, dependiendo principalmente por las condiciones climáticas que se den, sobre todo falta de precipitaciones y altas temperaturas (Barbera y Benítez, 2016), mientras que Berlangieri (2008) obtuvo valores de implantación de entre 64 y 100% para los sorgos forrajeros evaluados, dadas condiciones propicias para las mismas.

De todas las parcelas sembradas, solo las utilizadas alcanzaron los valores de implantación mencionados, mientras que las restantes tuvieron valores inferiores, por lo que fueron descartadas del experimento.

4.3. ALTURA DEL FORRAJE

4.3.1. Altura del disponible

El cuadro No. 5 muestra que no existen diferencias significativas en las alturas entre parcelas de BMR y FS al comienzo del experimento, debido a las condiciones de déficit hídrico. Esto genera que ambos materiales tengan similar

comportamiento, no presentando variación en el crecimiento del verdeo y tampoco en la altura en los pastoreos (apéndice No. 1,2,3).

Cuadro No. 5. Altura (cm) promedio del forraje disponible para el primer pastoreo, 2do pastoreo y para todo el período.

Tratamiento	Primer pastoreo	Segundo pastoreo	Promedio
BMR	94 a	79 a	86 a
FS	89 a	74 a	81 a

Letras distintas indican diferencias estadísticas al 5 % entre tratamientos para un mismo pastoreo.

En ambos casos, hubo período seco, por lo que no hubo variación en el crecimiento de la pastura, y no se presentaron alturas excesivas para el pastoreo en ninguno de los dos casos, a pesar de que hacia el final del segundo pastoreo se registraron precipitaciones, pero ya no tuvieron incidencia en la misma. Teniendo en cuenta la menor densidad de plantas debido a la baja implantación como se mencionó antes, dada a la falta de precipitaciones en el periodo experimental, se tiene que considerar una altura de ingreso mayor.

De acuerdo con Barbera y Benítez (2016), lo ideal para empezar a pastorear el sorgo es cuando se logra una cobertura del suelo superior al 80% pero si la densidad es baja sería cuando alcance una altura próxima a los 70 cm, y que los últimos pastoreos no superen los 120 cm, esto permitirá realizar hasta 4 pastoreos en la pastura. A su vez, Romero (2008) afirma que si el pastoreo se comienza posterior a dicha altura, habrá menor número de estos.

Al comparar las alturas disponibles de ambos tratamientos con las encontradas con otro autor, se puede mencionar que Berlangieri (2008) tuvo en el primer pastoreo una altura promedio de 156 cm, y en el segundo y tercer un promedio de 52 cm, siendo en el primer caso superior a las medidas de esta evaluación e inferiores en el segundo pastoreo. Como promedio dicho autor reporta 86 cm, coincidiendo en este caso.

Al ser las alturas remanentes del primer pastoreo similares para ambos tratamientos, produjeron alturas disponibles muy parecidas en el segundo, y como no eran éstas extremadamente bajas, no se vio afectado el consumo, ya que la cosecha no se veía perjudicada.

La frecuencia de pastoreo expresada en días fue de 27 días promedio, oscilando de 32 a 22 días entre pastoreos, y entre 21 a 5 días entre bloques de un mismo ciclo de pastoreo. La frecuencia disminuyó desde el primer pastoreo al segundo, lo que estuvo vinculado a la menor producción durante el segundo pastoreo.

4.3.2. Altura del remanente

Las alturas remanentes de los tratamientos fueron iguales para ambos casos, como muestra el cuadro No. 6 (apéndice No. 4,5,6).

Cuadro No. 6. Altura remanente (cm) para cada pastoreo.

Tratamiento	Primer pastoreo	Segundo pastoreo	Promedio
BMR	73 a	47 a	60 a
FS	68 a	44 a	56 a

Letras distintas indican diferencias estadísticas al 5 % entre tratamientos para un mismo pastoreo.

Al manejarse el mismo criterio como salida de cada pastoreo, se puede observar en el cuadro que no se presentan diferencias significativas entre tratamientos, por lo que tampoco indicaría diferencias en el crecimiento post pastoreo.

Las alturas remanentes promedio para los dos tratamientos en ambos pastoreos no difieren entre sí. Para todo el período experimental, el promedio de altura remanente fue de 60 cm para el caso del BMR y de 56 cm para el caso del FS, no teniendo diferencias significativas.

Las alturas remanentes dejadas post pastoreo pueden ocasionar ciertas implicancias en la producción de forraje. De acuerdo a Gabard y Russi (2005), a mayores alturas de remanente aumentan los disponibles en todas las fracciones evaluadas. En ese mismo sentido, Berlangieri (2008) afirma que cuando no se pasa rotativa, como es este caso, hay una mayor tasa de crecimiento y por ende una mayor producción de materia seca.

En relación a lo anterior, del Pozo (2004) menciona que la altura remanente posterior al pastoreo determina el crecimiento siguiente del cultivo, por lo que entonces tiene un impacto relevante, debido a que está relacionada

con la eliminación de los puntos de crecimiento y la cantidad de reservas de la planta.

Gabard y Russi (2005) y Berlangieri (2008) remarcan que se da un aumento en la producción de materia seca asociado al incremento en la altura remanente, dado que la planta se recompone antes, ya que necesita menos de las reservas, debido a que tiene mayor IAF y yemas axilares para el rebrote.

En esta evaluación, la altura de remanente manejada se ajustó a los valores establecidos como óptimos por otras investigaciones previas, por lo que era de esperar que se encontraran suficientes puntos de crecimiento y reservas que permitieran alcanzar el potencial de producción, pero esto se da cuando las condiciones climáticas son adecuadas para el rebrote. En este caso con la falta de precipitaciones, junto con las altas temperaturas, el crecimiento post pastoreo se vería limitado, ocasionando una baja producción para el segundo pastoreo, a pesar de que el manejo fue adecuado.

En cuanto a las alturas remanentes, Gabard y Russi (2005), utilizaron distintas alturas de remanente, y no encontraron diferencias significativas en materia seca disponible entre los tratamientos de 30, 45 y 60 cm, luego de haber realizado dos pastoreos. En cambio se encontró diferencias con el tratamiento de 15 cm, es decir al ser más intenso el manejo determinó una menor disponibilidad de MS. Este tratamiento tuvo una alta relación hoja/tallo, lo cual resulta en un disponible con una composición más hojosa, ya que no se diluyen tanto las hojas por presentar menos tallos comparada con las mayores alturas de remanente. Conforme aumenta ese remanente hay una mayor participación de tallos frente a hojas y restos secos en el forraje disponible, provocando diferencias en los componentes. Esto se corresponde con la relación hoja/tallo, esta va disminuyendo a medida que aumenta la altura del remanente.

En el caso de esta evaluación, donde la altura remanente promedio para ambos tratamientos fue de 58 cm, si se compara con la producción de forraje del segundo pastoreo obtenida por Gabard y Russi (2005) con 60 cm de altura remanente, se puede observar que en ese caso, la producción fue de 10882 kg/ha, mientras que para esta evaluación, el disponible en el segundo pastoreo era de 2534 kg/ha.

4.3.3. Utilización en altura

El cuadro posterior muestra que los tratamientos no presentan diferencias significativas en la utilización en altura durante el período del experimento, ni en el primer ni segundo pastoreo (apéndice No. 7,8 y 9).

Cuadro No. 7. Utilización en altura (cm) para todo el período evaluado y para el primer y segundo pastoreo.

Tratamiento	Utilización en altura (cm)		
	Total	Primer pastoreo	Segundo pastoreo
BMR	51a	20 a	31 a
FS	50 a	20 a	30 a

Letras distintas indican diferencias estadísticas al 5 % entre tratamientos para un mismo pastoreo.

En los dos tratamientos, la altura de remanente no tuvo diferencias ni tampoco la altura disponible, por lo que lo importante es conocer efectivamente la composición del forraje consumido por parte de los animales, y la capacidad que tienen los mismos de consumir en cada estrato.

Para el caso del segundo pastoreo, la utilización en altura fue mayor que para el caso del primer pastoreo para ambos tratamientos, siendo de 39% y 22% respectivamente. Esto se visualiza para el caso del segundo pastoreo, en una menor altura de remanente para ambos tratamientos. Dichos resultados se aproximan en el caso del segundo pastoreo, a los encontrados por Wade y Agnusdei (2001), que tanto para pastoreo rotativo como para continuo, mencionan una severidad promedio del 35% de la altura que había antes del pastoreo, sin embargo ese valor se corresponde a una especie templada (*Lolium perenne*).

Al comparar la suma de la utilización de ambos pastoreos, con lo reportado por Berlangieri (2008) quien reporta utilidades promedio para los tres pastoreos de 58 cm, se puede mencionar que en esta evaluación los resultados encontrados son inferiores, pero en este caso se realizan dos pastoreos.

En cada pastoreo existe menor proporción de hojas, según Rovira y Echeverría (2013), quienes pudieron demostrar que la cantidad de hojas bajó del

50% alcanzado durante el primer pastoreo, y que este valor iba disminuyendo a medida que se generaban los siguientes pastoreos. Esto es en función de la relación hoja/tallo, que disminuye en cada ciclo de pastoreo. Relacionado a esto, se podría suponer que el primer pastoreo podría estar constituido por un mayor consumo de hojas y no tanto por tallos, y en cada pastoreo esto se revierte. A su vez esto puede correlacionarse a los resultados de utilización obtenidos.

Respecto a cada pastoreo en particular, el primer pastoreo al tener mayor altura, genera una importante disponibilidad de forraje, lo cual puede estar asociado a una mayor selectividad en el consumo provocando una menor utilización.

En el segundo pastoreo, era esperable una mayor utilización dado que el disponible era menor en comparación al primer pastoreo. Además se continuaba manteniendo una carga animal alta, donde los animales debían de saciar sus requerimientos, sumado a la continuación del estrés hídrico durante dicho pastoreo, que hizo decrecer considerablemente la tasa de crecimiento. Esto a pesar de que la situación se revierte durante el segundo pastoreo, ya que se dan precipitaciones, pero no llegando a incrementar la producción de forraje disponible para el mismo.

La contribución de componentes hoja y tallo está muy relacionado a la altura a la que se maneja el sorgo (Zago, citado por Gabard y Russi, 2005). Relacionado a esto, se determina que al manejar este verdeo a mayores alturas, la contribución a la materia seca va a estar dada principalmente por tallos (Furlan, Lima, y Ribeiro, citados por Gabard y Russi, 2005).

A su vez, el aumento de la altura del remanente, provoca un incremento del peso de los tallos, que se explica por dos componentes. Uno de estos es la altura y el otro es el desarrollo de los tallos (peso específico), el cual se relaciona con la edad de los tejidos. Por tanto a remanentes mayores el peso específico de tallos aumenta, lo cual provoca que sea el componente principal de la materia seca disponible. Esto puede provocar un verdeo con mayor proporción de tallos en el disponible con el aumento de la altura del remanente, lo cual afecta la estructura (Gabard y Russi, 2005).

Según Gabard y Russi (2005), no encontraron diferencias en MS total y de tallos desaparecidos entre tratamientos. Pero si existe un comportamiento diferencial en el componente hoja, que al aumentar el remanente también lo hace el desaparecido promedio de hojas.

Tener presente la estructura de la pastura, incluyendo la altura, densidad y altura de las vainas, para predecir cómo será el consumo (Chilibroste, 1998).

Por lo descrito anteriormente, se puede concluir que el consumo a mayores alturas puede estar compuesto por más tallos en proporción que hojas, ya que estas se pueden encontrar más diluidas en el disponible.

4.4. NUDOS

En la figura que se presenta a continuación se muestra la cantidad de nudos que había en la biomasa disponible durante el primer y segundo pastoreo según el tratamiento (apéndice No. 10).

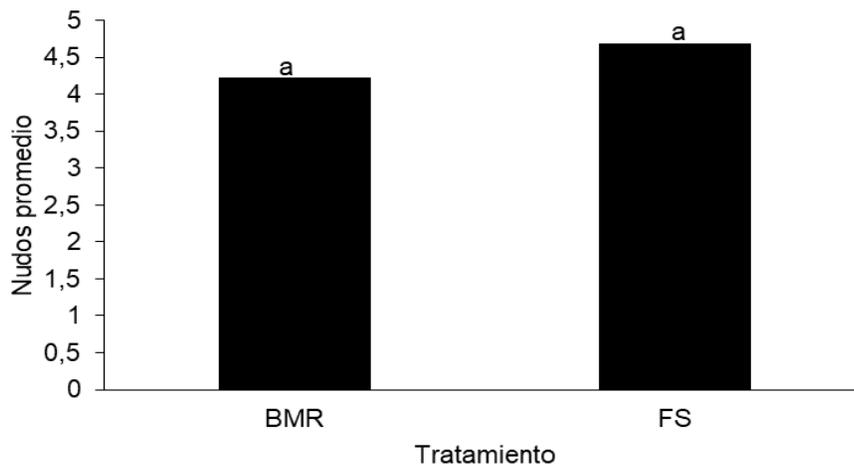


Figura No. 6. Nudos promedio del forraje disponible. Letras distintas indican diferencias significativas al 5 %.

Se aprecia que en los tratamientos, la cantidad de nudos presente en el forraje disponible no presenta diferencias significativas.

En base a la cantidad de nudos promedio presente por planta según tratamiento y asumiendo proporcionalidad entre ellos, se puede decir que cada 17,3 cm en el FS, hay un nudo, mientras que en el BMR, cada 20,3 cm se presenta uno, esto corresponde entonces a la distancia entre nudos.

La cantidad de nudos presente en la planta al igual que la altura, son importantes ya que se encuentra muy correlacionado con la biomasa total (Pérez et al., 2018). Por tanto plantas con más altura presentan mayor cantidad de nudos

en sus tallos, lo cual asegura tener más yemas que pueden producir hojas y así generan mayor disponibilidad de forraje.

Respecto a la cantidad de nudos presentes en el forraje remanente, no se cuenta con mediciones en los mismos, pero se podría hipotetizar, en función de la altura remanente promedio para cada tratamiento, que tanto para el caso del FS como del BMR quedarían unos 3 nudos. Esto sería esperable dado que la altura del disponible entre tratamientos no presenta diferencias, por lo que la misma cantidad de puntos de crecimiento podría darse. Dicho esto, a mayor altura remanente, la planta tiene tallos más largos, por lo que el rebrote se generaría por las yemas axilares. Estas yemas le permitirían al sorgo tener más producción de materia seca por el menor costo energético que le genera el rebrote, y una estructura con más concentración de hojas en la parte superior de la planta.

En cambio si se hubiera manejado con menores alturas de remanente, como lo serían 15 y 30 cm, hubiera habido tallos más cortos, por tanto menor cantidad de puntos de crecimiento. Esto afectaría al rebrote porque se generaría principalmente por las yemas basales debido a que llega más luz a la base de las plantas, provocando un mayor gasto energético en el sorgo y por tanto una menor producción de forraje. Se obtendría como resultado una planta de menor porte y altura, ya que la estratificación de la materia seca se encontraría más concentrada en la base de la planta, constituida por hojas más cortas y de menor tamaño comparado con manejos de mayor remanente.

Lo mencionado antes, coincide con lo que demostraron las siguientes investigaciones. Una de estas, no realizó la homogeneización del remanente con rotativa, por lo que según lo mencionado por Berlangieri (2008), se lograrían mayores productividades, ya que queda mayor cantidad de yemas axilares, logrando un rebrote más rápido y de menor costo energético para la planta. Por lo contrario, cuando se maneja más intensamente, el remanente de menor altura promueve el macollaje basal, implicando mayores costos energéticos según Gabard y Russi (2005).

4.5. DISPONIBILIDAD DE FORRAJE

4.5.1. Forraje disponible

4.5.1.1. Primer pastoreo

El cuadro No. 8 muestra que no se presentan diferencias significativas al primer pastoreo en el parámetro disponibilidad de forraje (apéndice No. 11).

Cuadro No. 8. . Forraje disponible (kg/ha de MS) para cada tratamiento al primer pastoreo

Tratamiento	Promedio
BMR	4565 a
FS	6862 a

Letras distintas indican diferencias estadísticas al 5 % entre tratamientos para un mismo pastoreo.

La ausencia de diferencias significativas se puede deber a las condiciones de sequía, que al igual que en la altura provoca que ningún material sea mejor que otro. Sí hay diferencias numéricas, que se podrían deber al vigor inicial relacionado al PMS. En ese sentido, en el caso del material BMR, este posee mayor peso de mil semillas, y por tanto se esperaría un mayor vigor inicial, provocando una mayor cantidad de forraje disponible. Por el contrario, en el caso del material FS presenta menor PMS, generando una menor implantación, sin embargo este posee mayor forraje disponible al primer pastoreo, lo que sería lo mismo a una mayor cantidad de forraje producido.

Esto último puede deberse aunque sea menor el PMS, que a igual densidad de siembra de ambos materiales, el FS presenta mayor cantidad de semillas viables. Por tanto se puede traducir en mayor cantidad de plantas para el FS; y aunque haya menor implantación el espacio para cada una de ellas sería suficiente para alcanzar mayores tamaños, lo que significa un mayor desarrollo por menor competencia, y por ende más forraje disponible.

La disponibilidad de forraje presente en el primer pastoreo no fue elevada, lo que puede atribuirse a lo explicado antes. Esto a pesar de que la

altura con la que se ingresa en ese momento, 84 días posterior a la siembra, es adecuada, no se ve reflejado en la cantidad de forraje disponible. Al comparar la producción de esta investigación con la reportada por Berlangieri (2008) donde el BMR produjo 10535 kg/ha de MS y el sorgo híbrido 10333 kg/ha de MS, en este caso fue baja.

Relacionado a lo anterior también, el coeficiente de variación entre ambos tratamientos es de 35%, lo que podría significar que dadas las condiciones ambientales que se dieron en dicho período, junto a las condiciones edáficas que se ven afectadas por las anteriores, tuvieron gran influencia en la disponibilidad de forraje para cada uno de los tratamientos, y no permitieron a los materiales expresar sus potenciales. Igualmente, se destaca la importancia de los sorgos forrajeros como de gran importancia en la producción de forraje en condiciones hídricas desfavorables, dado que a pesar de tener menor rendimiento que en condiciones favorables, al compararse con producciones de especies C3, estos permiten mantener alta carga y buena ganancia animal, siempre y cuando tenga buena implantación, por lo que este tipo de especies C4 son necesarias.

Es importante destacar que en este trabajo se pudo concluir que el efecto año tiene más peso en la disponibilidad de forraje, independientemente del material que se elija.

Para cada uno de los tres bloques se evaluó la biomasa presente por cm, para cada uno de los tratamientos. A partir de dichos datos se puede ver que existen diferencias numéricas dentro de cada tratamiento y entre algunos bloques, lo que puede atribuirse a las diferencias existentes en topografía, dado que hay laderas bajas y altas, así como también a diferentes profundidades en los suelos, lo cual genera distintas condiciones edáficas.

Se pudo determinar que en el bloque 2 había menor implantación, por lo que había menor número de plantas, reflejándose en los kg MS/cm ya que se obtuvieron los menores valores, 40 y 25 para el caso de BMR y FS respectivamente; siendo además el único bloque que presentó mayor implantación en el caso del BMR. Para el caso del bloque 1 y 3, se lograron superiores valores de kg MS/cm, alcanzando además mayores valores para el tratamiento del FS respecto al BMR.

Comparando los tres bloques, el bloque 3 fue el numéricamente superior a los demás respecto a los kg MS/cm registrados (94 y 68 para el FS y el BMR respectivamente). Las diferencias encontradas en estos casos entre bloques son numéricas, dado que el diseño experimental utilizado no permite evaluar los mismos estadísticamente ya que no hay repeticiones para ello.

4.5.1.2. Segundo pastoreo

El cuadro siguiente muestra que el forraje disponible promedio para el segundo pastoreo no tiene diferencias significativas entre tratamientos (apéndice No. 12).

Cuadro No. 9. Forraje disponible promedio (kg/ha de MS) para cada tratamiento al 2do pastoreo.

Tratamiento	Promedio
BMR	2435 a
FS	2632 a

Letras distintas indican diferencias estadísticas al 5 % entre tratamientos para un mismo pastoreo.

En el segundo pastoreo no se encontraron diferencias en el forraje entre los cultivares, lo que evidencia que dadas las condiciones del experimento, no hay superioridad estadística de un cultivar frente al otro, a pesar de que numéricamente hay diferencias en el crecimiento a favor del BMR, lo cual se puede visualizar en el cuadro No. 18. Esto era esperable dado que los tratamientos se manejaron con iguales criterios de alturas de pastoreo, lo que da como resultado que no haya diferencias en la disponibilidad de forraje (kg/ha de MS). Es por esto que se puede decir que el manejo del remanente aplicado en el primer pastoreo fue poco incidente en la disponibilidad de forraje presente en el segundo pastoreo. Con respecto a esto, Vaz Martins (2003) afirma que el forraje disponible depende del manejo realizado y no de la elección del cultivar, coincidiendo con lo que sucede en este caso.

Al comparar el primer pastoreo contra el segundo, se puede ver que en el segundo la disponibilidad de forraje fue inferior, lo que puede estar explicado por el balance negativo de precipitaciones presente durante dicho período, que no contribuyó al rebrote de los sorgos. Esto a pesar de que se presentaron

precipitaciones importantes dos días previo a este pastoreo (147 mm), pero no hubo respuesta a las mismas debido a que el tiempo entre la lluvias y el pastoreo siguiente no fue suficiente para lograr crecimiento a partir del mismo, por lo que el disponible fue bajo. Como consecuencia de la baja disponibilidad, los animales consumieron más forraje, aumentando la utilización, lo que ocasionó que quedara poca biomasa remanente, por lo tanto pocos nudos, y hubiera menor capacidad de rebrote para un eventual futuro pastoreo.

4.5.1.3. Relación entre altura disponible y disponibilidad de MS (kg/ha)

La altura disponible en una pastura es empleada como un buen estimador de disponibilidad de materia seca instantánea al momento de realizar el manejo del pastoreo, según Wade y Agnusdei (2001).

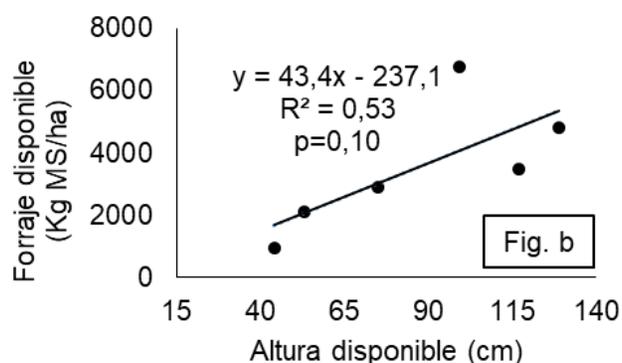
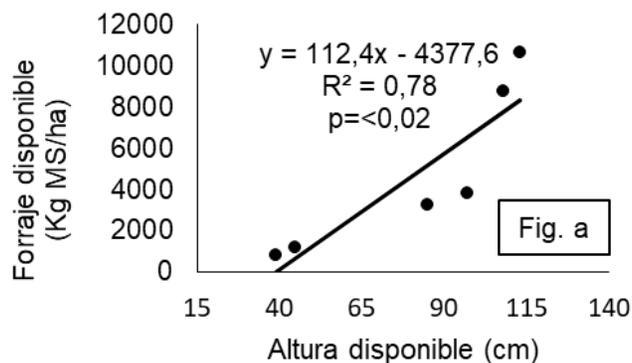


Figura No. 7. a: Relación entre disponibilidad de forraje (kg /ha de MS) y altura disponible (cm) para todo el período para el sorgo tipo FS. b: Relación entre disponibilidad de forraje (kg /ha de MS) y altura disponible (cm) para todo el período para el sorgo tipo BMR.

La figura No. 7 muestra que la disponibilidad de materia seca para la totalidad de la evaluación experimental para el caso del fotosensitivo se ajusta a un modelo de regresión lineal con la altura disponible de $Y = 112,4x - 4377,6$, indicando que por cada cm de incremento de altura, corresponden 112,4 kg/ha MS de incremento en el forraje disponible promedio para la totalidad del período experimental. Para el caso del BMR, también se ajusta a un modelo de regresión lineal con la altura disponible de $Y = 43,4x - 237,1$, indicando que por cada cm de incremento de altura, corresponden 43,4 kg/ha de MS de incremento.

Para el caso del FS, la altura explica en un 78% la biomasa disponible, mientras que para el caso del BMR, la altura por cm explica en menor parte la biomasa (53%). Dicho esto, la variable altura es importante debido a que determina la composición de la planta, es decir de la biomasa, ya sea en hojas, tallos, etc. Pero el porcentaje restante que determina la biomasa, lo pueden explicar otros factores, como pueden ser el número y densidad de tallos, y el peso de estos. El peso específico de los tallos se relaciona con la edad de los tejidos (Gabard y Russi, 2005), lo cual se espera que a medida que avanza el estado fisiológico de las plantas, el peso va ser más significativo en la biomasa; siendo lo que ocurre con los pastoreos sucesivos. Por esto se puede concluir que en las primeras etapas del ciclo del sorgo, influye más sobre la biomasa la densidad de tallos (determinada por la implantación/número de plantas), pero más avanzado el ciclo, explica más el peso de tallos que generalmente se relaciona más con la altura de los mismos y su proporción de tejido de sostén.

En el caso de este experimento en particular, para ambos tratamientos FS y BMR se alcanzó una implantación menor respecto a la reportada por Berlangieri (2008) en su trabajo. Teniendo en cuenta la biomasa obtenida para cada uno de los cultivares, los componentes del rendimiento que explican el comportamiento de cada uno de los cultivares es diferente. Al ser similar la altura, en el caso del BMR se puede atribuir a la menor cantidad de plantas y también de macollos, es decir a la densidad-implantación, como los factores que explican en mayor medida la biomasa.

Relacionado a las variedades, se puede ver en los resultados encontrados que difieren entre los dos tratamientos evaluados, notándose una clara superioridad para el caso del sorgo FS frente al BMR. Según Oliver et al. (2005), lo anterior además puede deberse a que los materiales BMR presentan una asociación entre la altura a través de un gen bmr, lo que genera menor altura

y por tanto se favorece en ese aspecto a los otros sorgos, en este caso al fotosensitivo. Esto puede corresponderse a los porcentajes de altura obtenidos que explicaban la biomasa de cada variedad, donde el BMR lo hacía en menor medida mientras que en el FS era mayor.

4.5.2. Forraje remanente

La altura dejada posterior al pastoreo fue igual para ambos tratamientos evaluados, por lo que la cantidad de materia seca remanente tampoco presentó diferencias significativas en ninguno de los pastoreos ni en el promedio de los mismos (apéndice No. 13, 14 y 15).

Cuadro No. 10. Forraje remanente (kg/ha de MS) para el 1er, 2do pastoreo y promedio.

Tratamiento	1er pastoreo	2do pastoreo	Promedio
BMR	2617 a	731 a	1674 a
FS	3688 a	790 a	2239 a

Letras distintas indican diferencias estadísticas al 5 % entre tratamientos para para una misma columna.

En relación al forraje remanente, algunos autores, como es el caso de Parga et al. (2007) aseguran que es importante dejar una cantidad de forraje remanente adecuada posterior al pastoreo, para asegurar un buen rebrote. En ese sentido, Del Pozo (2004) menciona que la altura remanente determina en gran medida el crecimiento posterior, por lo tanto la productividad de la pastura.

Entre ambos tratamientos el forraje remanente promedio fue de 1957 kg/ha de MS, encontrando este valor situado dentro de lo encontrado por Bueno et al. (2004) como óptimo para lograr buena calidad y cantidad de forraje en futuros pastoreos.

Como era previsible, a partir de mayores alturas de disponibles, mayor cantidad de forraje remanente es dejado posterior al pastoreo, sin embargo al evaluarlo en % no se encontraron diferencias.

En cuanto a la tasa de crecimiento del segundo pastoreo, por lo tanto la que se da en el rebrote a partir del forraje remanente del primer pastoreo, se puede comentar que la misma depende en gran medida del forraje remanente presente. Esto es mencionado por Ugarte (2012), quien manifiesta que ésta junto

a la ubicación de los puntos de crecimiento, las reservas presentes y el área foliar remanente afectan el rebrote. En esta evaluación, al no manejarse diferentes alturas de remanente, no se puede observar claramente la incidencia de ésta en la tasa de crecimiento, pero según lo reportado por Berlangieri (2008), los tratamientos que son manejados con mayores alturas, poseen mayor tasa de crecimiento, lo que permite obtener mayores producciones.

4.5.2.1. Relación entre altura remanente (cm) y materia seca remanente (kg/ha)

La relación existente entre la altura remanente y la materia seca remanente se realiza para verificar y comparar a la misma frente a valores reportados en otras investigaciones como óptimas.

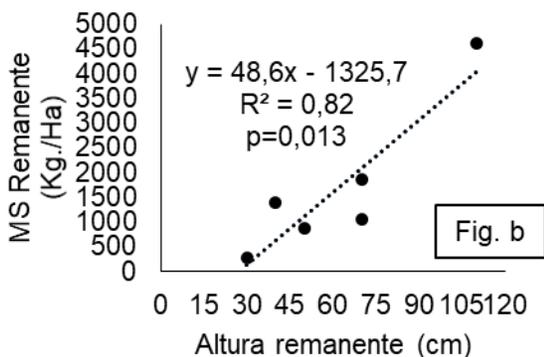
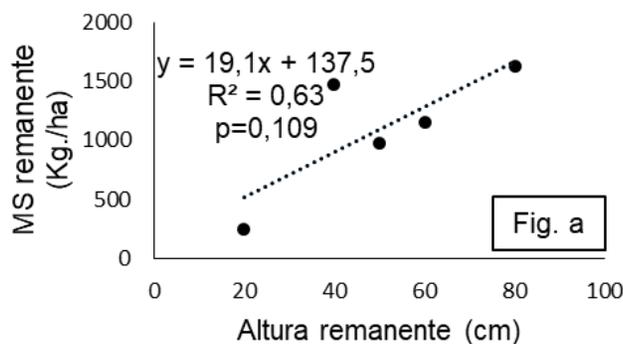


Figura No. 8. a. Relación entre el forraje remanente (kg/ha de MS) en función de altura remanente (cm) para el 1er y 2do pastoreo para sorgo FS. b: Relación entre el forraje remanente (kg/ha de MS) en función de altura remanente (cm) para el 1er y 2do pastoreo para sorgo BMR.

La cantidad de materia seca remanente post pastoreo se ajusta a un modelo de regresión lineal con la altura remanente para el primer y segundo pastoreo, indicando que por cada centímetro de incremento en la altura de remanente aumenta 19,1 kg/ha de MS en el caso del sorgo tipo FS, mientras que para el caso del BMR, el incremento es de 48,6 kg/ha de MS.

En comparación con los resultados obtenidos por Berlangieri (2008), en los que por cada cm de incremento en el remanente, se veía incrementada por 28,5 kg/ha de MS, en el caso del FS se obtuvo un valor inferior, mientras que en el BMR es mayor. Comparado con Gabard y Russi (2005), allí el incremento por cada cm de incremento en el remanente era de 57 kg/ha de MS, por lo que en este trabajo los valores obtenidos, para ambos casos son menores. Se debe tener en cuenta que hacer mención a las alturas remanentes no es suficiente para comparar, dado que la cantidad de materia seca al comparar mismas alturas de remanente puede diferir. Considerando como cantidad de forraje remanente óptima para lograr un buen rebrote en el siguiente pastoreo, 1700 kg/ha de MS como mencionan Bueno et al. (2004), dicha cantidad corresponde a 50 cm en el caso del FS y 60 cm para BMR de altura remanente, coincidiendo con la altura obtenida por Gabard y Russi (2005), 60 cm, como altura más apropiada para lograr un buen rebrote en el caso de sudangrass y siendo superior a la encontrada por Berlangieri (2008) de 40 cm para sorgo híbrido.

4.5.3. Forraje desaparecido

4.5.3.1. Primer y segundo pastoreo

Lombardo (2012) asegura que al definir la asignación de forraje, se está incidiendo sobre la ganancia individual y sobre la utilización de pasto, en concordancia con lo que menciona Lyons et al. (2001), que afirma que la asignación de forraje como factor de manejo es importante, ya que influye la disponibilidad de forraje en el consumo por parte del animal. Por esto es que al comparar ambos tratamientos con iguales manejos de remanente, se espera que el consumo no difiera dado que existían similares disponibilidad de forraje (figura No. 7 a y b).

El forraje desaparecido tanto en el primer pastoreo realizado como en el segundo, ni tampoco en el total presentó diferencias significativas entre tratamientos (apéndice No. 16, 17 y 18).

Cuadro No. 11. Forraje desaparecido (kg/ha de MS) primer y segundo pastoreo y total.

Tratamiento	Primer pastoreo	Segundo pastoreo	Total
BMR	2967 a	1705 a	4672 a
FS	4638 a	1842 a	6480 a

Letras distintas indican diferencias estadísticas al 5 % entre tratamientos para para una misma columna.

Observando el cuadro anterior, entre materiales genéticos no se presentan diferencias significativas, lo que es contradictorio a lo encontrado por Torrecillas (2006) y Hernández y Moreno (2011) que mencionan que el sorgo tipo BMR al tener mayor palatabilidad y preferencia por los animales al ser comparado con los demás sorgos híbridos convencionales, tiene un mayor consumo, lo que se traduciría en una mayor cantidad de forraje desaparecido.

En este caso, y relacionado a lo anterior, existe un coeficiente de variación de 37,3% para el primer pastoreo y de 27,7% para el caso de todo el período experimental, lo que puede estar explicando que no se presenten diferencias significativas entre tratamientos en esos casos, lo que podría estar ocultando el efecto del material genético, dadas las condiciones ambientales restrictivas de precipitaciones y temperaturas, y las características edáficas ya mencionadas.

4.5.3.2. Relación entre forraje desaparecido y altura disponible

La cantidad de forraje desaparecido se ajustó a un modelo de regresión lineal junto a la altura disponible para todo el período de experimentación para cada tratamiento evaluado. La ecuación para todo el período evaluado para el caso del sorgo tipo FS señala que por cada cm de incremento en el disponible, el forraje desaparecido aumenta en 76,8 kg/ha. Para todo el período de

evaluación para el caso del sorgo tipo BMR, la función lineal que representa dicha relación, muestra que por cada cm en el incremento del disponible, aumenta 28,5 kg/ha el forraje desaparecido.

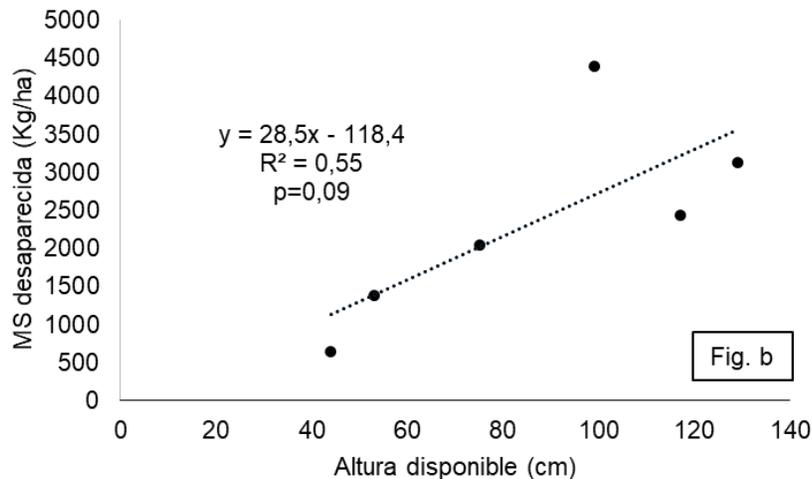
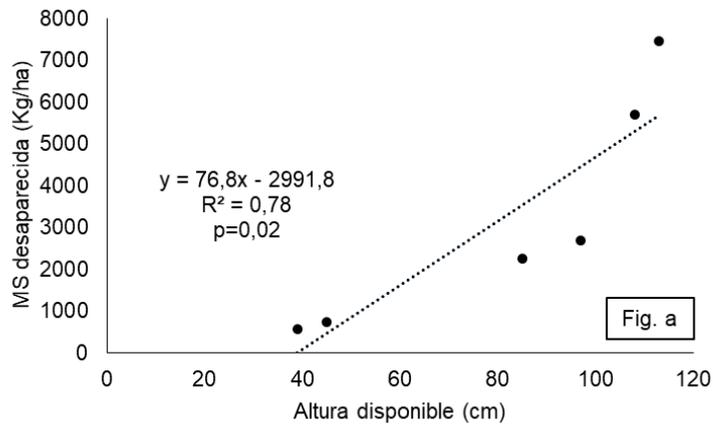


Figura No. 9. a: Relación entre altura disponible (cm) y el forraje desaparecido (kg/ha de MS) para todo el periodo de evaluación del sorgo tipo FS. b: Relación entre altura disponible (cm) y el forraje desaparecido (kg/ha de MS) para todo el período de evaluación del sorgo tipo BMR.

En ambos casos, se observa que a medida que se ve incrementada la altura disponible, la materia seca desaparecida también aumenta, lo que puede estar asociado a una mayor accesibilidad por parte de los animales. Esto

concuera con lo mencionado por Pérez et al. (2018), quienes mencionan que la biomasa total, está altamente correlacionada con la altura de la planta, entre otros factores; que sumado a lo mencionado por Montossi et al. (1996), donde refieren a que la mayor altura del forraje permite lograr un mayor consumo, dado que el animal tiene mayor facilidad para cosechar, permite comentar que la altura disponible entonces es un indicador del forraje disponible.

De acuerdo con Cangiano (1996), Barahona y Sánchez (2005), y Chacón (2012), la altura de la pastura es un factor que influye en gran medida sobre el consumo, por lo tanto que está altamente correlacionado con la materia seca desaparecida post pastoreo, debido a que los animales tienen mayor accesibilidad al forraje. Chacón (2012) además menciona que al tener las pasturas mayores alturas, permiten un mayor consumo por parte de los animales dado que poseen mayor contenido de hojas y disponibilidad de forraje en general.

En cambio, al ser la altura disponible menor, baja también el peso del bocado, y el consumo se ve disminuido. Esto cuando ya no se puede compensar al mismo por un incremento en la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo, según lo reportado por Chilibroste (1998). Explicado de otra forma, el tiempo dedicado al pastoreo por parte de los animales es mayor, y menor a la ingestión, por lo que el consumo decae.

4.5.3.3. Relación entre forraje desaparecido y MS disponible (kg/ha)

La materia seca desaparecida (kg/ha) para todo el periodo evaluado se ajusta a un modelo de regresión lineal con la materia seca disponible (kg/ha), determinando para el caso del tipo de sorgo FS que por cada 1 kg/ha de incremento del disponible, el desaparecido incrementa en 0,64 kg/ha, mientras que para el caso del sorgo tipo BMR el aumento en el desaparecido sea de 0,68 kg/ha.

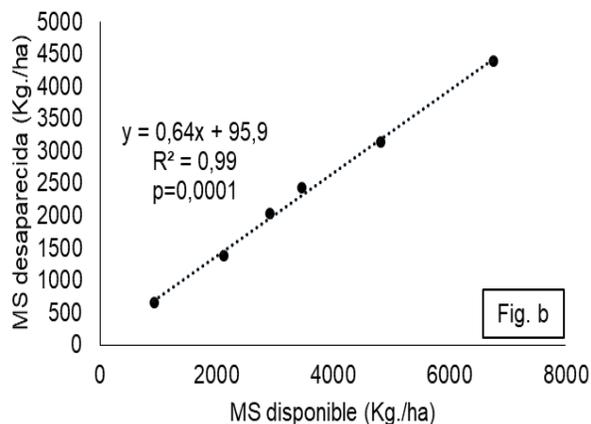
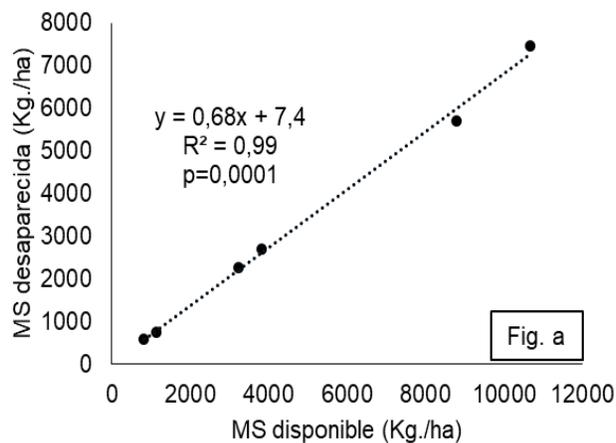


Figura No. 10. a: Relación entre forraje desaparecido (kg/ha de MS) y forraje disponible (kg/ha de MS), para todo el período experimental para el sorgo tipo FS. b: Relación entre forraje desaparecido (kg/ha de MS) y forraje disponible (kg/ha de MS), para todo el período experimental para el sorgo tipo BMR.

En función a lo anterior, cabe destacar que dentro de la materia seca desaparecida, está la materia seca consumida, así como también materia seca que no queda disponible, dado que durante la cosecha el pisoteo hace perder plantas que no quedan disponibles para el consumo animal, ya que se ven dañadas las cañas, habiendo además material senescente.

Dicho esto, los resultados obtenidos podrían vincularse con lo reportado por Tergas (1982), quien menciona que la relación existente entre la disponibilidad de materia seca y la materia seca consumida (desaparecida), se

puede describir a partir de una curva asintótica, en la cual al aumentar el forraje disponible, también aumenta el consumo de materia seca, hasta un punto en el cual por más que haya mayor disponibilidad, el consumo se mantiene invariable. Para este trabajo en particular no se alcanza a expresar la parte asintótica en los gráficos.

La materia seca desaparecida (kg/ha) para el segundo pastoreo también se ajusta a un modelo de regresión lineal con la materia seca disponible (kg/ha). Para el caso del sorgo tipo FS, determina que por cada 1 kg/ha de aumento en el disponible, el desaparecido aumenta 0,69 kg/ha, y para el sorgo BMR aumenta 0,65 kg/ha.

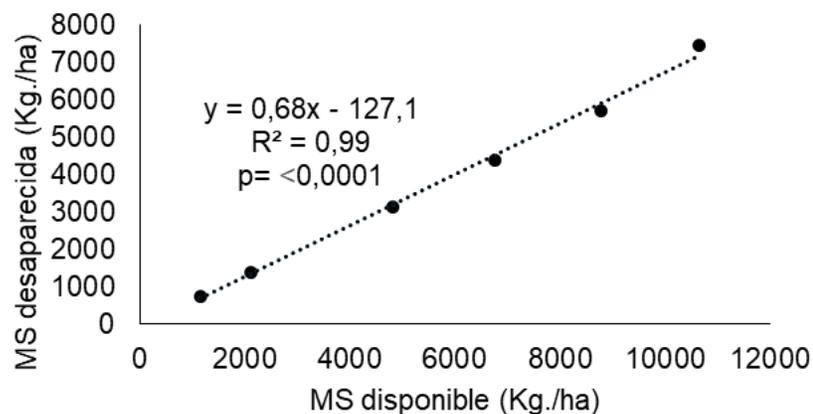


Figura No. 11. Relación entre forraje desaparecido (kg/ha de MS) y forraje disponible (kg/ha de MS), para el primer pastoreo para los dos tratamientos.

La altura de entrada a pastorear por parte de los animales es una medida de manejo que se selecciona previo al mismo. Ésta tiene con la cantidad de materia seca disponible una alta correlación, al igual que con la cantidad de materia seca desaparecida. Esta última se relaciona que a mayor altura se genera una mayor accesibilidad y cantidad de hojas en estratos superiores, así obteniendo mayor consumo.

4.6. UTILIZACIÓN DEL FORRAJE

4.6.1. Porcentaje de utilización del forraje disponible

El porcentaje de utilización del forraje disponible para los dos tratamientos evaluados muestra que no existieron diferencias significativas entre ellos para todo el período evaluado, como se puede observar en el cuadro No. 12 (apéndice No. 19).

Estos resultados coinciden con Berlangieri (2008), donde se encontraron que no hay diferencias significativas para el porcentaje de utilización del forraje disponible para el periodo en estudio, y que tampoco hay efecto en el material genético. Los valores reportados en esa investigación son 49,5% para el caso del BMR y 55,5% para el sorgo híbrido, cabe aclarar que en este caso el % de utilización corresponde al segundo y tercer pastoreo, no estando evaluado allí el primero como si se hace en esta investigación.

Cuadro No. 12. Porcentaje de utilización (desaparecido) del forraje disponible para todo el período evaluado.

Tratamiento	% Utilización (desaparecido)
BMR	67,5 a
FS	68,3 a

Letras distintas indican diferencias estadísticas al 5 % entre tratamientos.

Los porcentajes encontrados para la utilización son superiores a los reportados por Velazco et al. (2012) que menciona un porcentaje de utilización del 46%. Por otro lado, al ser manejados los tratamientos a iguales alturas de disponible y remanente, no se puede apreciar que hayan tenido diferentes utilidades debido a que estas variables fueron manejadas de igual manera.

Relacionado a los resultados obtenidos, Lombardo (2012) sostiene que existe una relación entre el porcentaje de utilización y el aprovechamiento del forraje, demostrado esto al restringir la oferta de forraje a los animales, momento que se alcanzan valores de cosecha superiores. En ese sentido, Parga et al. (2007) destaca que al haber porcentajes de utilización bajos, el forraje que queda sin ser pastoreado, se transforma en material senescente, afectando la calidad del rebrote siguiente.

La utilización varía en función de la oferta de forraje ofrecida a los animales, dado que si la oferta de forraje es mayor, el animal tiene mayor capacidad de seleccionar lo consumido, y la utilización se vuelve menor. Para el caso de este trabajo, Bonjour y Olivera¹ reportan ofertas de forraje superiores al 6%, por lo que lo ofrecido a los animales es el doble de su consumo, siendo entonces ésta una situación en la que lo utilizado efectivamente respecto de lo desaparecido es bajo.

4.7. COMPOSICIÓN BOTÁNICA

4.7.1. Composición botánica del forraje disponible

4.7.1.1. Hoja

Como se puede observar en el cuadro No. 13, el porcentaje de hoja disponible promedio para los dos pastoreos juntos, así como para el primer pastoreo no presentaron diferencias significativas. Estos resultados pueden deberse a la altura del remanente, como se utilizó la misma, pueden presentar similar cantidad de puntos de crecimiento ambas variedades; es decir la misma probabilidad de generarse hojas, no presentando diferencias estadísticas en el componente hoja. En cambio sí se encontraron diferencias entre tratamientos para el segundo pastoreo. Esto se puede deber al efecto de la variedad en la producción de hojas (apéndices No. 20, 21 y 22).

Con respecto al FS, se obtuvo que en cada pastoreo disminuye la cantidad de hojas. Según Rovira y Echeverría (2013), demostraron que la cantidad de hojas bajó del 50% alcanzado durante el primer pastoreo, y que este valor iba disminuyendo a medida que se generaban los siguientes pastoreos. Para el caso del BMR, no coincide con la bibliografía anterior, debido a que en el segundo pastoreo aumenta el componente hoja en vez de disminuir. Este resultado podría llevar a la suposición de que este tipo de sorgo tiene mayor capacidad de producir hoja frente a condiciones de estrés, por tanto más capacidad de producir hojas en los rebrotes, logrando el aumento de dicho componente.

¹ Bonjour, E.; Olivera, R. 2022. Com. Personal.

Cuadro No. 13. Hoja disponible (%) 1er, 2do pastoreo y total.

% hoja disponible			
Tratamiento	Promedio	2do pastoreo	1er pastoreo
BMR	31,0 a	34,1 a	29,8 a
FS	29,2 a	25,4 b	30,8 a

Letras distintas indican diferencias estadísticas al 5 % entre tratamientos

En relación a la cantidad de hojas presente, y en función de su vínculo con la calidad, un mayor % de hojas significa una mayor calidad del forraje que se le ofrece al animal, dado que las láminas son quienes tienen mayor digestibilidad de los componentes que constituyen la planta. Carámbula (2007) destaca que las hojas son la parte más valiosa en la etapa vegetativa en cuanto a nutrientes.

Así mismo, al relacionar las alturas de remanente con la cantidad de MS de hoja disponible, según lo reportado por Gabard y Russi (2005), mayores alturas de rastrojo proporcionan más cantidad de hoja, que remanentes de 15 cm, por lo que el manejo realizado en esta investigación ayudaría a obtener mayor cantidad de hojas. Berlangieri (2008) también menciona que remanentes de mayor altura permiten obtener producciones de hoja en mayor cantidad en pastoreos siguientes.

Independientemente de lo mencionado anteriormente, la falta de precipitaciones y las altas temperaturas, pueden haber incidido en mayor o menor medida según el tratamiento, es decir según el tipo de sorgo en restringir el crecimiento foliar, para de esta manera tener menor transpiración. Esto a pesar de que la luminosidad fuera la adecuada y permitiera desarrollar una hoja más larga, es decir de mayor tamaño que tuviera mayor incidencia como componente, pudo verse restringido por las condiciones descriptas.

4.7.1.2. Tallo

Los tratamientos evaluados se visualizan en el cuadro No. 14, demostrando que no presentan diferencias significativas en la cantidad de tallo disponible para el primer pastoreo y para el promedio de los dos pastoreos juntos. Pero sí se encontraron diferencias significativas para el segundo pastoreo, lo cual

tiene similar tendencia con el % de hoja, ya que fue en el mismo pastoreo donde se encontraron esas diferencias (apéndices No. 23, 24 y 25).

Cuadro No. 14. Tallo disponible (%) 1er, 2do pastoreo y total.

% tallo disponible			
Tratamiento	Promedio	2do pastoreo	1er pastoreo
BMR	69,0 a	65,9 b	70,2 a
FS	70,8 a	74,6 a	69,2 a

Letras distintas indican diferencias estadísticas al 5 % entre tratamientos

La cantidad de tallo disponible promedio para el segundo pastoreo para el caso del material BMR, se vio disminuida respecto al primer pastoreo, mientras que para el caso del FS se produjo un aumento del mismo. Para el caso del FS el comportamiento corresponde a que en cada pastoreo al disminuir la cantidad de hojas, los tallos tienden a representar más en la biomasa. Por esto mismo la relación hoja/tallo, tiende a disminuir en cada ciclo de pastoreo.

Con respecto a los tratamientos, se puede suponer que para el BMR es esperable la disminución de los tallos en los sucesivos pastoreos, debido a que al ser de mayor calidad estos tienden a ser más consumidos en el pastoreo. No siendo así para la otra variedad, ya que pueden quedar más tallos en el primer pastoreo y reflejarse en el segundo.

Por lo anterior, al incrementarse la cantidad de tallos presente en el disponible, en este caso para el FS, esto puede ocasionar la pérdida de calidad en el forraje ofrecido para los animales, aunque esto en realidad se vincula en mayor medida a la cantidad de hoja, ya que ésta disminuye.

La mayor cantidad de tallo en el disponible a su vez, puede vincularse también con un aumento en la cantidad de yemas y de reservas que quedan posterior al pastoreo, lo que puede llegar a determinar mayor productividad.

4.7.1.3. Relación entre componentes del disponible y altura disponible

Los componentes del disponible, como lo son hoja y tallo, al igual que la disponibilidad total de forraje se ajusta a un modelo de regresión lineal con la altura disponible. Conforme esta última aumenta, la cantidad de hoja tanto como la de tallo (kg/ha de MS) aumentan.

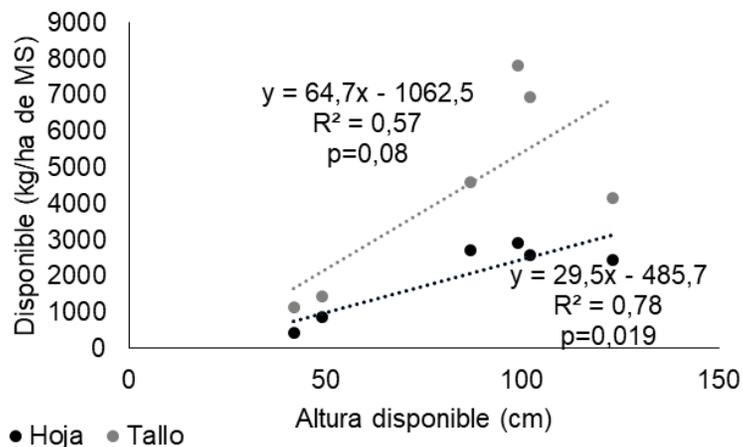


Figura No. 12. Relación entre disponibilidad de tallo y hoja (kg/ha de MS) y altura disponible (cm) para todo el período.

La figura No. 12 muestra que ambos componentes tienen similar comportamiento, ya que los dos aumentan con la altura disponible. Sin embargo, el tallo presenta un incremento más marcado, de 64,7 kg/ha de MS, contra 29,5 kg/ha de MS de hoja. Este resultado obtenido concuerda con lo mencionado por Holt, citado por Carámbula (2007), quien asegura que a los 75 cm de altura, se alcanza el máximo crecimiento foliar, por lo que posterior a esta altura, el crecimiento es mayoritario en tallo. Sumado a que en cada pastoreo la proporción de hojas disminuye.

Berlangieri (2008) encontró en su investigación, que para el caso del tallo, el incremento era de 35,8 kg/ha de MS, mientras que para hoja era de 27 kg/ha de MS. Al ser comparado con esta investigación, se observa que para el caso de hoja los resultados son similares, pero para el caso de tallo, son inferiores, pudiéndose añadir que la altura explica en un 57% sobre el disponible de tallo.

En relación a lo anterior, la hoja presenta menor peso específico que el tallo, y esto se va acentuando a medida que avanza el estado fenológico del sorgo. Por este motivo, el tallo así mismo se resiente menos que las hojas, por ello hay más proporción del primero. Además, independientemente de las condiciones ambientales, la altura limita el ingreso de luz a los estratos inferiores de la planta, por lo que al haber mayor cantidad de forraje disponible, asociado a una mayor altura del tallo, hay menor luminosidad. Las hojas basales se ven

afectadas por el sombreado de las que se encuentran por encima de ellas, por lo que van transformándose en senescentes. Por otro lado, pero vinculado a lo antes mencionado, durante el verano se espera que llegue más luz a las plantas, por lo que, como respuesta fisiológica tienden a tener hojas más largas, pero esto puede afectarse por las condiciones de déficit hídrico dadas en este período.

Mayores alturas de remanente favorecen al rebrote, ya que hay más yemas para la producción de hojas. Esto también repercute en el sistema radicular, debido a que se beneficia por estar menos afectado por el pastoreo, generando una mayor exploración radicular, siendo importante en situaciones de déficit hídrico, ya que el sistema radicular es lo que le permite a la planta sobrevivir a dichos escenarios. A su vez, dicho manejo no es suficiente si en las primeras etapas de la planta no hubo agua en el suelo, ya que esta es necesaria para el desarrollo de raíces. Lo anterior, se supone que puede haber ocurrido en el escenario que se genera la implantación en este experimento, y por ello un menor desarrollo y crecimiento del sistema radicular.

En cambio con pastoreos más intensos, el remanente es de menor altura, por tanto el rebrote es principalmente a partir de yemas basales y de las reservas de la planta, esto hace que sea más costoso energéticamente para esta.

4.7.1.4. Relación entre componentes del disponible y altura remanente

La cantidad de MS de hoja disponible para el caso del segundo pastoreo se ajustó a un modelo de regresión lineal con la altura remanente del primer pastoreo.

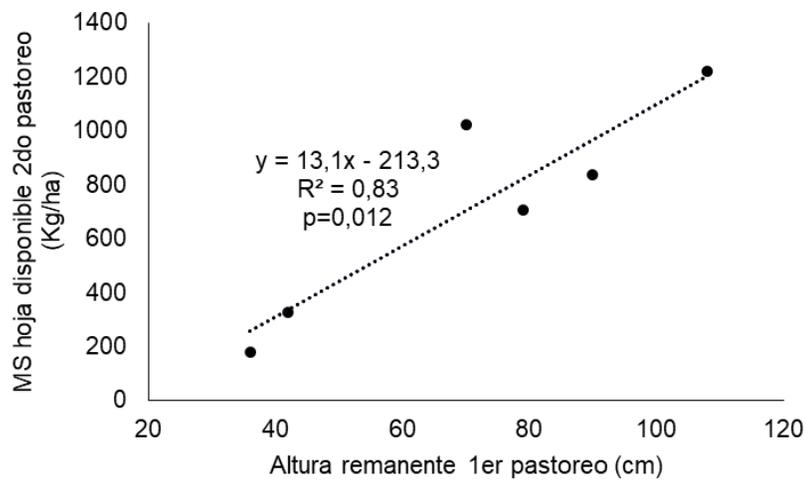


Figura No. 13. Relación entre altura remanente (cm) del 1er pastoreo y disponible de hoja (kg/ha MS) al 2do pastoreo.

Se visualiza un incremento en la disponibilidad de hoja al aumentar la altura remanente dejada, donde por cada cm de incremento en el remanente, la cantidad de MS de hoja en el segundo pastoreo incrementa 13,1 kg/ha. Esto significa que por cada cm de más que queda en el tallo remanente, se produce una mayor cantidad de hoja para el siguiente pastoreo.

En base a lo anterior, se puede mencionar que la disponibilidad de MS de hoja depende de la altura o la cantidad de biomasa remanente dejada posterior al pastoreo, lo que concuerda con lo mencionado por Del Pozo (2004), quien afirma que la altura remanente posterior al pastoreo, determina el crecimiento futuro, debido a que está relacionada con la eliminación de los puntos de crecimiento, así como también las reservas. Por su parte Gabard y Russi (2005) mencionan que a medida que disminuye la intensidad de pastoreo, se modifica la partición de fotoasimilados, y se ve incrementada la producción de hojas.

Gabard y Russi (2005) y Berlangieri (2008) mencionan que al manejarse remanente más altos, un mayor número de yemas axilares perduran en el rastrojo, lo que permite una mayor producción de hojas; lo que coincide con lo encontrado en este experimento.

4.7.1.5. Relación hoja / tallo (H/T)

La relación hoja/tallo para ambos tratamientos (cuadro No. 15) no mostró diferencias significativas para el primer pastoreo ni tampoco en el promedio de ambos, pero sí se encontraron para el caso del segundo pastoreo (apéndice 26, 27 y 28).

Con respecto al pastoreo, en BMR dicha relación se incrementa en cada ciclo de pastoreo, debido a que se corresponde directamente con el aumento del componente hoja y disminución del tallo que se genera en la biomasa del disponible. En cambio para el FS ocurre lo esperado, es decir que disminuya la relación hoja/tallo.

En relación a los tratamientos, para el periodo evaluado el material FS fue el que presentó menor relación hoja/tallo. Una explicación para esto puede ser por la selección animal en el pastoreo, es decir por la apetecibilidad de las variedades, ya que el BMR presenta mayor calidad, dado su menor contenido de lignina. Esto puede generar diferencias en las alturas de remanente y por tanto en los componentes del forraje, dado que según Gabard y Russi (2005) al aumentar la altura de remanente hace que disminuya significativamente la relación hoja/tallo, lo cual puede ser el caso del FS por su menor apetecibilidad frente al BMR. Lo mencionado anteriormente, se puede ver reflejado en el segundo pastoreo, donde se ve claramente que en el caso del BMR, la relación hoja/tallo presenta diferencias significativas frente al otro tratamiento, con valores superiores que pueden deberse a las diferencias en apetecibilidad.

Cuadro No. 15. . Relación hoja/tallo del forraje disponible

Tratamiento	1er pastoreo	2do pastoreo	Promedio
BMR	0,43 a	0,52 a	0,45 a
FS	0,45 a	0,34 b	0,42 a

Letras distintas indican diferencias estadísticas al 5 % entre tratamientos

Los valores encontrados en este trabajo para este parámetro se ubican por debajo de los reportados por Vaz Martins (2003) para valores de altura disponible similares, lo mismo sucede al compararlo con Berlangieri (2008) y Gontijo et al. (2003).

Gontijo et al. (2003) además mencionan que la relación hoja/tallo está condicionada por el manejo realizado, así como por las condiciones climáticas dadas. Esto último es de gran relevancia para esta investigación, dado que las condiciones climáticas dadas durante el período de evaluación, pueden haber incidido en gran manera en los resultados obtenidos en esta variable.

Es fundamental considerar esta relación, debido a que determina la productividad futura del cultivo, es decir si el primer pastoreo se realiza con un cultivo maduro genera que el ciclo de producción se acorte y disminuya la producción de forraje y la calidad de este (Furlan, citado por Gabard y Russi, 2005). Esto puede estar relacionado al experimento debido a las condiciones climáticas que predominaban, lo cual provocaron el retraso al primer pastoreo, donde el cultivo ya estaba avanzado en su ciclo. En relación a ello, Homen et al. (2010) mencionan que la variable relación hoja/tallo es un estimador de la calidad del forraje.

La relación hoja/tallo es importante a la hora de describir la estructura de la pastura, la cual depende también del manejo que se le realice y el estado de desarrollo del cultivo, siendo por esto que entre uno y otro pastoreo puede haber diferencias numéricas.

Según Berlangieri (2008) la relación hoja/tallo es un parámetro que no se debe sobreestimar, dado que esta no indica cantidades, por lo que sí hay una relación H/T mayor que otra, la primera igualmente pueda significar menores cantidades de hoja.

4.7.1.6. Malezas

Se determinó para el bloque 1 y 3, una proporción de 10% de malezas, en cambio para el 2 fue de 40%. Las malezas que se identificaron fueron *Bowlesia incana*, *Digitaria sanguinalis*, *Brachiaria platyphylla*, *Portulaca oleracea*. En el caso de este experimento el enmalezamiento es importante tenerlo en cuenta, debido a la mala implantación que se obtuvo por la falta de precipitaciones ya mencionada. Esto desencadena la falta de plantas lo cual permitió el avance de las malezas y a su vez el menor crecimiento del cultivo no permitió hacerle interferencia. Esto se hizo más notorio en las parcelas del bloque 2 donde se obtuvo la peor implantación comparado con los demás bloques.

4.8. USO DEL AGUA

El primer pastoreo se ubicó en el período comprendido entre el 18 de febrero y el 26 de marzo del 2021, mientras que el segundo pastoreo fue entre el 12 de abril y el 3 de mayo del mismo año. El primer ciclo de pastoreo se caracterizó por un déficit hídrico severo, mientras que el segundo ciclo de pastoreo tuvo previo al mismo lluvias abundantes, pero que no llegaron a tiempo para que hubiera una respuesta en la producción de ese segundo pastoreo.

La eficiencia en el uso del agua señala los kg/ha de MS producida por cada milímetro de precipitación dada durante los períodos mencionados.

En este caso, la eficiencia en el uso del agua no hace referencia a la producción de MS producida por milímetro consumido por parte de la planta, sino a la producida con las precipitaciones ocurridas, haciendo referencia de esta manera a la capacidad de extracción de agua por parte de la planta.

Cuadro No. 16. Uso del agua (kg de MS/ha/mm) para el 1er y 2do pastoreo.

Tratamiento	kg de MS/ha/mm
BMR	88,6 a
FS	119,2 a

Letras distintas indican diferencias estadísticas al 5 % entre tratamientos

No existen diferencias significativas entre los tratamientos en este trabajo. Sin embargo en otros experimentos, se encontraron diferencias entre variedades combinadas con otro factor (apéndice No. 29). Según Berlangieri, (2008) encontraron diferencias significativas entre tratamientos de variedad y diferente remanente, donde se determinó una mayor eficiencia en el uso del agua de las plantas cuando presentaban mayor altura de remanente. Esto se genera ya que existe una relación entre la cantidad de MS remanente y la eficiencia en el uso del agua. Se concluye que el manejo de pastoreo en el criterio de salida, está muy vinculado con la extracción del agua por parte de la planta. Los valores que se encontraron en ese trabajo fueron de 164 kg de MS/ha/mm para sorgo híbrido y 162 kg de MS/ha/mm para BMR.

En este caso, que no se manejaron diferentes alturas de remanentes post pastoreo, no se puede evidenciar que un tratamiento sobre el otro tenga mayor o menor cobertura del suelo dada la cantidad de área foliar remanente. Pero en ambos casos, dada la baja implantación de los mismos, por lo tanto una menor densidad de plantas, puede que haya alta evaporación de agua directamente desde el suelo, lo que condiciona a que haya menor disponibilidad para extraer agua por parte de las plantas desde el mismo para lograr un mayor crecimiento. Además al haberse realizado igual manejo, no se puede comprobar que entre tratamientos haya diferencias en el inicio del rebrote, y por tanto en el comienzo de consumo de agua desde el suelo.

Existe una relación entre el tamaño radicular y la biomasa aérea, es decir a mayor cantidad de materia seca producida se asocia a un mayor desarrollo radicular. Por esto con la altura de remanente de 40-60 cm, usada en todo el experimento le permite a la planta tener más área foliar por tanto una parte de esta es destinada a la producción y desarrollo del sistema radicular, lo cual es fundamental para obtener una mayor extracción de agua. Sumado a que con dichos remanente las raíces se ven poco afectadas por el efecto de pastoreo, y genera una mayor exploración del sistema radicular, generando más tolerancia al déficit hídrico.

Lo del párrafo anterior se puede corresponder con lo demostrado por otros autores. Según Carámbula (2007) asegura que es muy importante que los rastrojos permanezcan con un área foliar adecuada y activa siempre, dado que esto permite tener un rebrote rápido sin depender en gran parte de las reservas que estén en las raíces, y además le permite a las plantas lograr una mayor extracción de agua.

4.9. PRODUCCIÓN DE FORRAJE

4.9.1. Dos pastoreos

El cuadro a continuación muestra la producción de forraje total ajustada por hectárea durante todo el período de evaluación.

Cuadro No. 17. Producción total de forraje (kg/ha de MS) durante todo el período experimental.

Tratamiento	Promedio
BMR	5403 a
FS	7270 a

Letras distintas indican diferencias estadísticas al 5 % entre tratamientos

Ambos tratamientos muestran que no se registraron diferencias significativas en la producción promedio total durante el período evaluado (apéndice No. 30). Los rendimientos obtenidos frente a los reportados por parte de la evaluación de cultivares INIA-INASE fueron de 8000 kg MS/ha para BMR y de para FS 9500 kg MS/ha, por lo cual se encuentran por debajo de los mismos, lo que puede estar explicado por el efecto del déficit hídrico y condiciones edáficas de la zona donde se realizó el trabajo experimental. Comparado con producciones de años anteriores, una zafra parecida a los resultados obtenidos en este experimento fue la de 2012/2013, donde los rendimientos de los sorgos forrajeros estuvieron entre 5000 y 8000 kg MS/ha. En cambio una zafra contrastante fue la de 2016/2017, donde se obtuvieron acumulados de 11000 kg MS/ha y 13150 kg MS/ha para BMR y FS respectivamente.

Se encontró que los rendimientos están muy relacionados al efecto año y no a la elección del cultivar, que es lo que se pudo comprobar con los resultados obtenidos en la disponibilidad de forraje.

Los resultados obtenidos no estarían influenciados por el manejo realizado con respecto a la altura de remanente post pastoreo, dado que según Berlangieri (2008) con 40 cm de altura remanente se obtienen los mejores resultados, ya que encontró que a partir de ésta hay ventajas para el rebrote; siendo dicha altura de remanente la estipulada para manejar ésta evaluación. Esto además coincide con mucha de la bibliografía consultada, donde se menciona que al realizarse manejos más aliviados, se logran mayores producciones de materia seca, siendo superiores aún más si son acompañados de condiciones ambientales favorables.

En relación a lo anterior, Gabard y Russi (2005) mencionan que un incremento en la altura, permite tener un rebrote de mejor condición, ya que hay una mayor área foliar remanente, y por ende más reservas, lo que permitirá seguir produciendo.

Según Carámbula (2007) estos tipos de sorgos evaluados producen elevadas cantidades de materia seca, que dependen en gran medida del manejo empleado; al ser el pastoreo más intenso, la planta produce menos forraje. En ese sentido, Vaz Martins (2000) asegura también que el manejo del pastoreo es fundamental.

En la investigación realizada por Berlangieri (2008) este autor remarca que manejos realizados de manera intensa, provocan disminuciones en la producción de materia seca, que pueden ser más perjudiciales dependiendo de las condiciones ambientales. Esto explica porqué mayores alturas de remanentes, permiten rebrotes a partir de yemas ubicadas en los nudos, con mayor crecimiento y producción de biomasa de hojas. Además menciona, que la producción de forraje depende más del manejo que del cultivar seleccionado, lo que es coincidente con lo mencionado por Marchegiani (1985), quien resalta que el forraje producido depende en gran medida del método de pastoreo.

Sin embargo, al comparar los datos obtenidos de producción en este trabajo con datos reportados de praderas sembradas, en parcelas contiguas, en el mismo momento y con similar manejo, las producciones alcanzadas por parte de la pradera fueron inferiores, 1982 kg/ha para la mezcla de *Dactylis glomerata* y *Medicago sativa* y 2133 kg/ha para la mezcla de *Trifolium repens*, *Cichorium intybus* y *Festuca arundinacea* (Montans et al., 2021). Esto remarca la importancia y ventajas que presentan las especies C4, desde el punto de vista de soportar las altas temperaturas, ser más eficiente en el uso del agua, proveer alta producción de forraje (Bueno et al., 2004). Vale remarcar que esta pradera fue evaluada en el mismo momento que los tratamientos de este experimento, por lo que las condiciones climáticas fueron las mismas, y es por ello también que las producciones en ambos casos se vieron afectadas. Dicha pradera era de segundo año, por lo que era de esperar que el rendimiento estuviera cerca del potencial, sin embargo la producción alcanzada en este experimento la superó ampliamente, pudiendo agregar también que la pradera tenía un alto nivel de enmalezamiento, lo que también pudo haberla afectado.

Dicho esto, cabe destacar que las especies C4 adquieren gran importancia ante situaciones de estrés, debido a que resienten su crecimiento en menor medida, no sólo permiten sostener altas cargas, sino que también permiten alcanzar buena ganancia animal.

4.9.2. Primer y segundo pastoreo

Tanto en el caso del primer pastoreo, como del segundo, no se registraron diferencias significativas entre tratamientos (apéndice No. 31 y 32).

Cuadro No. 18. Producción de forraje (kg/ha de MS) para el 1er y 2do pastoreo.

Tratamiento	1er pastoreo	2do pastoreo
BMR	4565 a	837 a
FS	6862 a	408 a

Letras distintas indican diferencias estadísticas al 5 % entre tratamientos

El primer pastoreo fue un 84,5% de la producción total para el caso del BMR, mientras que para el caso del FS, fue del 94,4% de la misma. Esto quiere decir que el porcentaje producido en este pastoreo, respecto a la producción total, es elevado para los dos tratamientos, siendo superior para el caso del FS por un 10% con respecto al BMR.

Para el caso del segundo pastoreo, el restante porcentaje de la producción total fue producido en el mismo para cada uno de los tratamientos (15,6 y 5,6% para el BMR y el FS respectivamente), lo que muestra que se perdió productividad entre un pastoreo y el siguiente, lo que se puede atribuir en parte a las condiciones ambientales y lo restante, a la pérdida de producción del sorgo a medida que avanza su ciclo. Además de esto, queda en evidencia la precocidad de esta especie.

Por otra parte, algunos autores, tenían como recomendación la eliminación de las cañas remanentes posterior al pastoreo. Ejemplo de ello es Carámbula (2007), quien menciona que ésta práctica permite obtener un rebrote de mayor calidad y rendimiento. Por su parte Montossi et al. (2017) y Gallarino (2008) aseguran que permite homogeneizar la altura del cultivo y tener un posterior pastoreo más uniforme.

Contrario a esto, Berlangieri (2008) en su investigación, encontró que cuando no se pasó rotativa, hubo mayores tasas de crecimiento, y mayor producción de materia seca, dado que las reservas no son afectadas por el corte,

sumado a que quedan mayor cantidad de yemas axilares, que permiten lograr un rápido rebrote y es menos costoso energéticamente. Es por eso que en los tratamientos evaluados en ésta investigación, los remanentes no fueron cortados con rotativa.

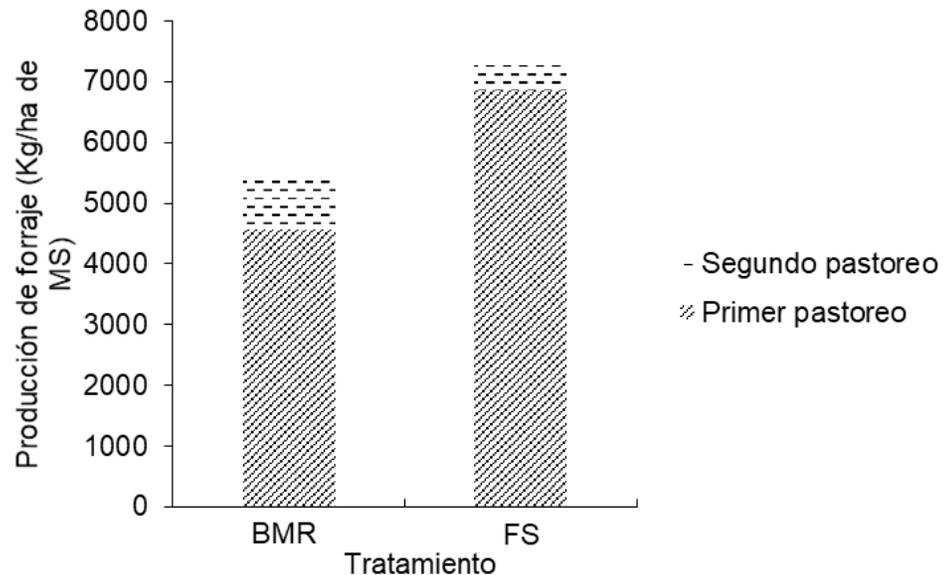


Figura No. 14. Producción de MS (kg /ha) para cada pastoreo.

Las producciones alcanzadas en ésta evaluación no fueron las esperadas, dado que según Carámbula (2007) los híbridos de sorgo forrajero se caracterizan por tener elevadas producciones de materia seca por hectárea, unas 11 toneladas durante todo su ciclo. Además, de acuerdo a lo reportado por González (2013b) y Barbera y Benítez (2016), los sorgos de tipo fotosensitivos producen menos biomasa que los materiales BMR; mientras que según lo mencionado por Acosta (2013) son los FS que logran mayores producciones que los BMR. En ésta investigación, no se encontraron diferencias significativas en producción entre ambos tratamientos.

Con respecto a la distribución de la producción de forraje entre los pastoreos, Carámbula (2007) describe al sorgo forrajero híbrido, como un material que presenta alta precocidad para proporcionar su primer pastoreo, por lo que es en dicho pastoreo que proporciona el mayor aporte en producción de

forraje respecto a la producción total del mismo, lo que se ve reflejado en la figura 14.

El primer pastoreo se distinguió por representar una elevada producción de forraje respecto a la totalidad de la producción, lo que se atribuye a la demora en el ingreso al primer pastoreo, lo que permitió una acumulación mayor de forraje. Esto puede corresponderse a una mayor tasa de crecimiento que en el segundo pastoreo, a pesar de que las condiciones ambientales fueron similares entre ambos pastoreos.

En el caso del segundo pastoreo, además de ser afectado en producción de materia seca por la precocidad ya mencionada anteriormente que presenta esta especie, las condiciones ambientales al comienzo del mismo, limitaron el crecimiento del verdeo. Visualizando esto en las menores tasas de crecimiento, que pudieron haber resentido el crecimiento y desarrollo del sorgo en dicho periodo de pastoreo.

4.9.3. Producción de forraje y su relación con otros parámetros medidos

De igual manera que para la disponibilidad de forraje, la altura disponible con la producción de forraje para todo el período evaluado se ajustó a un modelo de regresión lineal. Para ambos tratamientos, se determinó que por cada cm de aumento en el disponible, aumenta la producción de MS en 94 kg/ha.

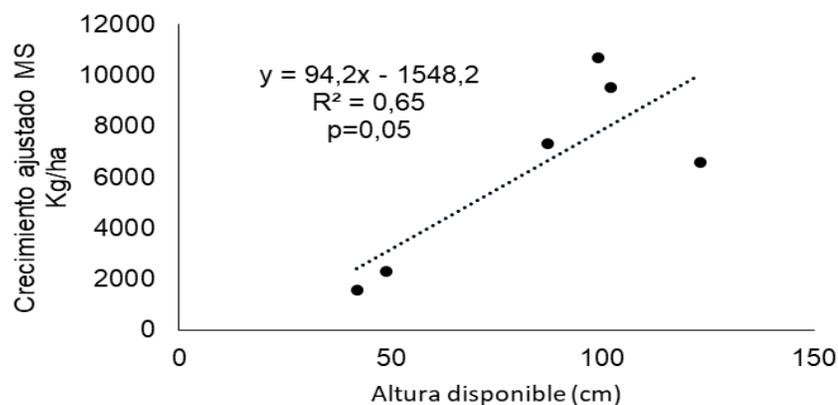


Figura No. 15. Relación entre producción forraje (kg/ha de MS) y altura disponible para todo el período experimental para los dos tratamientos.

La altura remanente o la cantidad de biomasa dejada post pastoreo, puede determinar como se mencionó antes, la disponibilidad de forraje para los animales en los pastoreos futuros. A continuación se presenta en la figura 16, la evaluación de la relación entre la cantidad de materia seca remanente del primer pastoreo y la producción de materia seca en el segundo pastoreo.

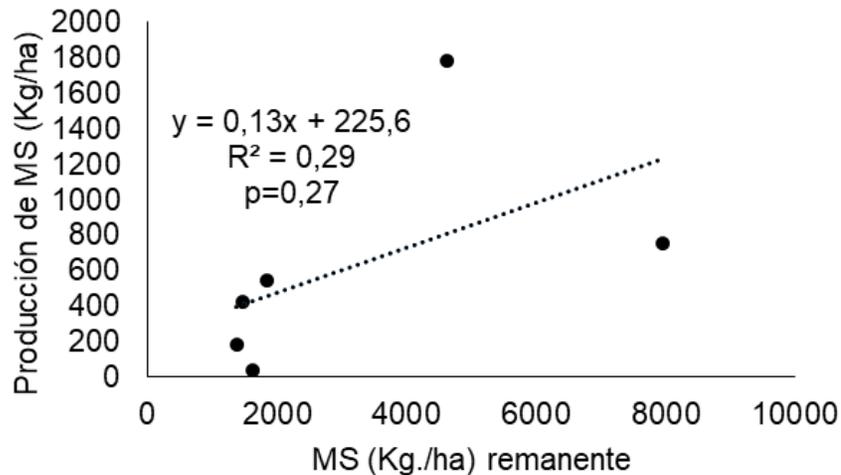


Figura No. 16. . Relación entre forraje remanente (kg/ha de MS) al 1er pastoreo y producción de forraje (kg/ha de MS) en el 2do pastoreo para los dos tratamientos.

La producción de forraje al segundo pastoreo también se ajustó a un modelo de regresión lineal con la cantidad de MS remanente al primer pastoreo, indicando que a pesar de utilizar la cantidad de forraje remanente adecuada, no se garantiza producción de MS, dadas las condiciones climáticas inadecuadas, por tanto el clima es el factor más incidente. Como se puede ver en la figura No. 16 el p valor es no significativo.

La regresión encontrada para ambos tratamientos, muestra que por cada kg/ha de incremento en el remanente, la producción de materia seca para el pastoreo siguiente incrementa en 0,13 kg/ha.

4.9.4. Tasa de crecimiento

En la figura siguiente se puede observar las tasas de crecimiento para cada uno de los dos tratamientos durante el primer y segundo pastoreo.

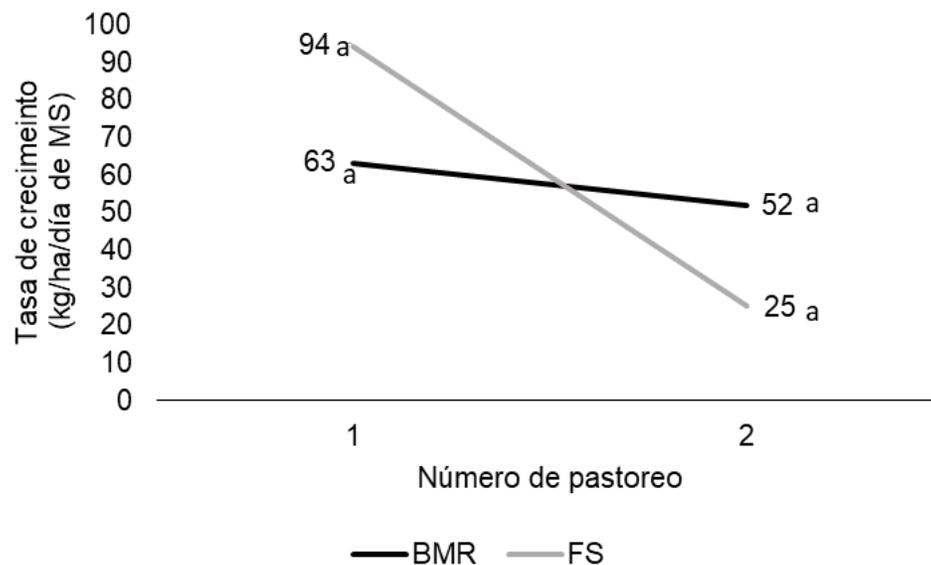


Figura No. 17. Tasa de crecimiento del forraje MS (kg/ha/día) según número de pastoreo.

La evolución de la tasa de crecimiento se corresponde con la de la producción de forraje, es decir en el primer pastoreo se obtuvo mayor producción, lo cual estuvo acompañada de una tasa de crecimiento alta. Luego la producción decae en el segundo pastoreo, al igual que la tasa de crecimiento. Esta variación puede deberse según Carámbula (2007) debido a que a pesar de que el sorgo presenta altas tasas de crecimiento, estas pueden ir reduciéndose con cada pastoreo que se realice; sumado a las condiciones ambientales predisponentes en el período, ya que se presentó un déficit hídrico que limitó el crecimiento.

Al realizar el manejo con iguales alturas de remanentes para ambos tratamientos, las tasas de crecimiento no se vieron influenciadas por el efecto de tener menor cantidad de reservas y puntos de crecimiento por quedar con menor altura en ninguno de los casos.

La tasa de crecimiento diaria promedio para toda la duración del período evaluado no presentó diferencias significativas entre tratamientos, siendo de 57,5 y 59,5 kg/ha/día de MS, para el BMR y el FS respectivamente.

A partir de los resultados obtenidos, se puede asegurar que la tasa de crecimiento condiciona la producción de forraje a obtener, y que conjuntamente

a la cantidad de forraje ofrecida en cada pastoreo a los animales, se ven afectadas en mayor parte por el manejo que se realiza, y no por la selección del cultivar, lo que concuerda con lo mencionado por Berlangieri (2008).

La tasa de crecimiento en el segundo pastoreo, que corresponde al rebrote luego de ser pastoreado, es menor a la obtenida en el primer pastoreo. Esto coincide con lo mencionado por Vaz Martins (2000), que menciona que la tasa de crecimiento de los rebrotes decrece a medida que estos suceden.

Relacionado a lo anteriormente mencionado, llama la atención lo que se aprecia en la figura 17, como para el caso del sorgo FS la tasa de crecimiento tiene una caída más marcada que para el caso del BMR, sin presentarse diferencias significativas. De haberse presentado, se podría inferir que si las condiciones climáticas fueran las adecuadas, el sorgo tipo FS, tendría una menor capacidad de rebrote. Los resultados además, tienen una variación grande, lo que remarca nuevamente la gran incidencia que tuvo el factor clima en esta evaluación, no permitiendo mostrar diferencias significativas.

Al compararse las tasas de crecimiento obtenidas en este trabajo con las obtenidas por Berlangieri (2008), este autor reporta tasas promedio de 98 para el caso del BMR, y de 97,3 para el caso del sorgo híbrido para todo el período experimental, mostrando también que las tasas de crecimiento obtenidas en el primer pastoreo, son superiores a las reportadas en el segundo y tercer pastoreo, lo que concuerda con lo reportado en este trabajo. En el caso de la investigación de Gabard y Russi (2005), se reportó una tasa de crecimiento de 123 kg/ha/día de MS, pero en este caso para sudán.

4.10. CONSIDERACIONES FINALES

Los dos tratamientos evaluados, BMR y FS muestran que no existen diferencias significativas en la producción de materia seca total (5403 kg/ha vs 7270 kg/ha).

El criterio de salida, es decir los remanentes entre 40 y 60 cm, no fueron limitantes para determinar la productividad del sorgo, ya que queda suficiente cantidad de yemas axilares potenciales para producir hojas en el siguiente rebrote. Esto es menos costoso energéticamente para la planta y más rápido, ya

que se genera por yemas axilares. Además al no ser tan intensa la defoliación, la planta no se ve tan afectada la cantidad de reservas almacenadas, ya que estas se encuentran en mayor parte en la base del pseudotallo, y al no ser la altura de defoliación tan baja, el nivel de reservas no se perjudica en gran medida.

Otras investigaciones como la de Gabard y Russi (2005) muestran que remanente entre 45 y 60 cm no presentan diferencias en crecimiento, es decir a partir de 45 cm no aumenta la tasa de crecimiento en hoja. Por tanto la altura óptima utilizada como remanente sería 45 cm, ya que la producción en hoja aumenta hasta dicha altura.

A su vez dichos remanentes al tener mayores tasas de crecimiento, tienen efecto positivo sobre el sistema radicular, lo cual provoca el incremento de absorción de agua y nutrientes. Esto último en este trabajo es favorable para las plantas, debido a las condiciones de déficit hídrico.

El manejo del pastoreo realizado permitió que la producción de forraje no se viera afectado por este, ya que las plantas quedaban con buena capacidad de rebrote dada la altura de pastoreo remanente dejada, aunque las condiciones climáticas que se dieron durante el período de evaluación si resultaron perjudiciales para los tratamientos.

La altura del disponible explica en buena medida a la biomasa disponible de materia seca de las variedades estudiadas, aunque es más notorio esa relación para el caso del FS. A su vez la altura presenta alta correlación con el forraje desaparecido, pero es más pronunciado para el FS que BMR. Esto se debe a que este último presenta un gen bmr que genera una asociación negativa con la altura.

Se ajustó a un modelo de regresión lineal la cantidad de MS de la hoja y tallo disponible con la altura del forraje disponible. Presentando los siguientes coeficientes de correlación $R^2=0,78$ y $R^2=0,57$ para tallo y hoja respectivamente. Ambos componentes tienden a aumentar con la altura del disponible, pero el tallo tiene un mayor incremento en kg/ha de MS que la hoja. Se concluye que la disponibilidad de MS de la hoja depende de la altura o cantidad de biomasa remanente.

Por lo que se habló anteriormente es muy importante el remanente dejado, ya que favoreció a la cantidad de hojas en los pastoreos siguientes, a

pesar de las condiciones climáticas. En base a los nudos presentes en los tallos, se obtuvo que cada 17,3 cm y 20,3 cm hay un nudo para BMR y FS respectivamente.

Las condiciones climáticas reinantes durante la mayor parte del período experimental tuvieron gran incidencia en muchos de los resultados obtenidos durante la realización del trabajo.

5. CONCLUSIONES

En relación a los objetivos planteados, se concluye que al realizarse el mismo manejo del pastoreo a los dos tipos de sorgos, por lo tanto sin tener ésta variable incidencia, los materiales de sorgo no tuvieron diferencias en la producción de forraje.

Independientemente de los tipos de sorgos, a mayores alturas de remanente, no se favoreció la producción de hoja. Por lo tanto la cantidad de tallo remanente no fue determinante en la producción futura de materia seca.

Las condiciones climáticas pudieron haber incidido en el crecimiento del forraje, resultando en una baja producción de ambos cultivares, limitando la manifestación de diferencias entre los mismos, demostrando que éstas son más importantes que la mejora genética cuando existen restricciones. Igualmente se destaca la importancia de los sorgos forrajeros en condiciones climáticas desfavorables.

Se considera necesario repetir el ensayo, bajo otras condiciones climáticas, para ver el comportamiento de los mismos y visualizar si existen o no diferencias.

6 RESUMEN

El propósito de este trabajo fue evaluar los objetivos planteados, estos objetivos consisten en cuantificar la producción total de materia seca disponible para dos tipos de sorgos, BMR y fotosensitivo bajo pastoreo, así como sus componentes y calidad. El trabajo experimental se llevó a cabo en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC), de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Paysandú, Uruguay (32°22'31" de latitud sur y 58° 3' 47" de longitud oeste), sobre suelos de tipo Brunosoles Éutricos Típicos. Los tratamientos fueron dos cultivares de sorgo forrajero: BMR cv. Talismán y fotosensitivo cv. Green supremo, con iguales manejos de remanente, se evaluó la productividad de la pastura, sus componentes y su calidad. El experimento se realizó sobre un diseño de parcelas divididas con tres repeticiones (bloques). Los diferentes tratamientos según material no determinaron diferencias significativas (p mayor a 0,05) en la producción de materia seca total para el período evaluado (5403 vs. 7270 kg/ha de MS para BMR y FS respectivamente). La cantidad de MS de hoja y tallo disponible se ajustaron a un modelo de regresión lineal con la altura del forraje disponible, y ésta con la altura remanente, con coeficientes de correlación variables y positivos, lo que indicó la gran variabilidad de los resultados obtenidos dada la incidencia de las condiciones ambientales. Dadas las condiciones también restrictivas, donde la falta de precipitaciones incidió considerablemente, los datos obtenidos determinan que el manejo realizado tenga mayor peso que el tipo de material de sorgo utilizado.

Palabras clave: Sorgo BMR; Sorgo fotosensitivo; Pastoreo.

7. SUMMARY

The purpose of this essay is to evaluate the objectives which were planned to achieve in the project. They consist of measuring the quantity of dried forage using different kinds of sorghum as well as the management of the remaining pasture after cutting it. The experiment was carried out in Experimental Station Mario A. Cassinoni (EEMAC), Paysandú, Uruguay. (32° 22' 31'' S 58° 3' 47'' W), over Typical Eutric Brunosols soils. Treatments consist on: two varieties of forage sorghum: Talismán (BMR) and Green supremo (FS). Using the same procedure, the productivity of these grass, their components and their final quality were tested. For this experiment the field was divided into smaller plots with three blocks. Not significant difference was found in the dry matter (a bit higher than 0,05) during the time it was evaluated (5403 vs. 7270 kg/ha of DM). Total leaf and stem dry matter production adjusted to a lineal model with the height (cm) of the available forage, and these with remaining forage. There was a great variety in the obtained results due to environmental conditions. Lack of rain was crucial in the final results so that the management of the material was definitely more important than the kind of sorghum used in the experiment.

Keywords: BMR Sorghum; Photosensitive Sorghum; Grazing.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, Y. 2013. Reservas forrajeras en base a sorgos: algunas consideraciones prácticas. (en línea). Revista INIA. no. 34: 16 – 20. Consultado 10 ene. 2022. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7055/1/revista-INIA-34-p.16-20.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. Agnusdei, M. G. 2013. Rol de la ecofisiología en el diseño de manejos especializados de pasturas. (en línea). Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 21(1): 63 – 78. Consultado 2 dic. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/170-ecofisiologia.pdf.
4. Agronews Castilla y León, ES. s.f. Parámetros para evaluar la calidad de los distintos forrajes en la granja. (en línea). Valladolid. s.p. Consultado 17 ene. 2022. Disponible en <https://www.agronewscastillayleon.com/parametros-para-evaluar-la-calidad-de-los-distintos-forrajes-en-la-granja-agropal>.
5. Alessandri, E. 2012. Sorgo BMR: entendiendo su genética. (en línea). Córdoba, Todo Agro. s.p. Consultado 29 dic. 2021. Disponible en <https://www.todoagro.com.ar/sorgo-bmr-entendiendo-su-genetica/>.
6. Algorta, M.; Leániz, J. M. 2014. Respuesta del cultivo de sorgo forrajero al riego y al nitrógeno. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 84 p. Consultado 16 feb. 2022. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/1675/1/3902alg.pdf>.
7. Amador, A. L.; Boschini, C. 2000. Calidad nutricional de la planta de sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*) para alimentación animal. (en línea). Agronomía Mesoamericana. 11(2): 79 – 84. Consultado 5 ene. 2022. Disponible en http://www.mag.go.cr/rev_meso/v11n02_079.pdf.

8. Anwandter, V.; Balocchi, O.; Parga, J.; Canseco, C.; Teuber, N.; Abarzúa, A.; Lopetegui, J.; Demanet, R. 2007. Métodos y control del pastoreo. (en línea). In: Teuber, N.; Balocchi, O.; Parga, J. eds. Manejo del pastoreo: proyecto FIA. Osorno, Fundación para la Innovación Agraria. pp. 107 – 129. Consultado 24 nov. 2021. Disponible en <http://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/2080>.
9. Baeten, A.; Faber, A.; Fernández, L.; Ferreira, G. 2008. Intensidad de pastoreo de pasturas permanente, efectos en la pastura y respuesta en la producción de vaquillonas holando. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 112 p. Consultado 25 nov. 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12008/24595>.
10. Balocchi, O.; Teuber, N.; Parga, J.; Demanet, R.; Anwandter, V.; Lopetegui, J.; Canseco, C.; Abarzúa, A. 2007. Crecimiento de las plantas forrajeras y su adaptación al pastoreo. (en línea). In: Teuber, N.; Balocchi, O.; Parga, J. eds. Manejo del pastoreo: proyecto FIA. Osorno, Fundación para la Innovación Agraria. pp. 9 – 22. Consultado 14 dic. 2021. Disponible en <http://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/2080>.
11. Barahona, R.; Sánchez, S. 2005. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. (en línea). Revista Corpoica. 6(1): 69 – 82. Consultado 29 dic. 2021. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449945018010>.
12. Barbera, P.; Benítez, J. 2016. Sorgo forrajero para pastoreo. (en línea). Mercedes, INTA. 19 p. (Serie Técnica no. 53). Consultado 21 set. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/maiz_sorgo/42-sorgo_pastoreo.pdf.
13. Becerra, J.; Avendaño, J. C. 1992. Efecto de la severidad de defoliación sobre la producción de forraje y los carbohidratos de reserva en especies forrajeras tropicales. (en línea). Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 30(2): 125 – 132. Consultado 14 nov. 2021. Disponible en <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/3608/3028>.
14. Beguet, H. A.; Bavera, G. A. 2001. Fisiología de la planta pastoreada. (en línea). Argentina, s.e. 6 p. Consultado 25 nov. 2021. Disponible en <https://www.produccion->

animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/04-fisiologia_de_la_planta_pastoreada.pdf.

15. Benítez, D.; Fernández, J. L.; Ray, J.; Ramírez, A.; Torres, V.; Tandrón, I.; Díaz, M.; Guerra, J. 2007. Factores determinantes en la producción de biomasa en tres especies de pastos en sistemas racionales de pastoreo en el Valle del Cauto, Cuba. (en línea). Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 41(3): 231 – 235. Consultado 12 nov. 2021. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017693005.pdf>.
16. 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. 189 p. Consultado 14 abr. 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12008/24891>.
17. 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/>.
18. Biscayart Semillas, AR. s.f. Sorgos BMR. (en línea). Pergamino. s.p. Consultado 24 ene. 2022. Disponible en <http://www.biscayart.com/images/infotecnica/sorgobmr.pdf>.
19. Bolaños, E.; Emile, J.; Audebert, G. 2012. Rendimiento y calidad de híbridos de sorgo con y sin nervadura café. (en línea). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 3(3): 441 – 449. Consultado 26 nov. 2021. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000300003&lng=es&tlng=es.
20. Bordaberry, A.; Regules, E.; Rodríguez, D. 2017. Efecto de la historia de frecuencia de pastoreo sobre la producción de un campo natural. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 117 p. Consultado 6 dic. 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12008/18617>.
21. BRF Ingredients, BR. 2019. ¿Cuáles son los principales factores que afectan la digestibilidad en la nutrición animal? (en línea). s.l. s.p. Consultado 28 dic. 2021. Disponible en

<https://blog.brfeedingredients.com/es/posts/cuales-son-los-principales-factores-que-afectan-la-digestibilidad-en-la-nutricion-animal>.

22. Briano, C.; Scarsi, A.; Velazco, J. I.; Bakker, M.; Banchero, G.; Meikle, A.; Quintans, G. 2013. Alta y baja asignación de forraje antes del parto: efectos sobre variables productivas y reproductivas: resultados preliminares. (en línea). *In*: Quintans, G.; Scarsi, A. eds. Seminario de actualización técnica: cría vacuna. Montevideo, INIA. pp. 175 – 185. (Serie Técnica no. 208). Consultado 27 dic. 2021. Disponible en http://inia.uy/en/Publicaciones/Documentos%20compartidos/st%20202018_2013.pdf#page=183.
23. Bueno, G. M. J.; Corsi, M.; Barioni, L. G.; Vilela, L. 2004. Grazing intensity on herbage production of irrigated Tanzania grass. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 39: 927 – 936.
24. Busqué, J.; Herrero, M. 1995. Atributos funcionales de las plantas y su implicación para el manejo de pasturas tropicales. (en línea). *In*: Herrero, M.; Ramírez, A. eds. Manejo y utilización de pasturas tropicales: pasturas tropicales: volumen especial. Cali, CIAT. pp. 23 – 46. Consultado 28 nov. 2021. Disponible en <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08d28e5274a27b2001681/R6606l.pdf>.
25. 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.
26. Canseco, C.; Abarzúa, A.; Parga, J.; Teuber, N.; Balocchi, O.; Lopetegui, J.; Anwandter, V.; Demanet, R. 2007a. Calidad nutritiva de las praderas. (en línea). *In*: Teuber, N.; Balocchi, O.; Parga, J. eds. Manejo del pastoreo: proyecto FIA. Osorno, Fundación para la Innovación Agraria. pp. 51 – 67. Consultado 1 dic. 2021. Disponible en <http://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/2080>.
27. _____; Demanet, R.; Balocchi, O.; Parga, J.; Anwandter, V.; Abarzúa, A.; Teuber, N.; Lopetegui, J. 2007b. Determinación de la disponibilidad de materia seca de praderas en pastoreo. (en línea). *In*: Teuber, N.; Balocchi, O.; Parga, J. eds. Manejo del pastoreo: proyecto FIA. Osorno, Fundación para la Innovación Agraria. pp. 107 – 129.

Consultado 19 nov. 2021. Disponible en <http://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/2080>.

28. Carámbula, M. 1996. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 524 p.
29. _____. 2007. Verdeos de verano. Montevideo, Hemisferio Sur. 226 p.
30. 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.
31. Chacón, E. A.; Stobbs, T. H. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. Australian Journal of Agricultural Research. 27(5): 709 – 727.
32. _____. 2012. Consumo, selección de dieta y componentes del consumo del rumiante a pastoreo. (en línea). Mundo Pecuario. 8(2): 107 – 120. Consultado 22 dic. 2021. Disponible en https://produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/124-consumo.pdf.
33. Chilibroste, P. 1998. Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero en pastoreo: I. predicción del consumo. (en línea). In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (26°, 1998, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 1 – 7. Consultado 24 dic. 2021. Disponible en <https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/handle/123456789/634>.
34. 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. (Materiales didácticos). Consultado 19 oct 2021. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/publicacion_verdeos_de_verano.pdf.
35. Clará, R.; Zeledón, S.; Hernández, M.; Estebez, R.; Mejía, M.; Nely, B.; Sorto, M. 2011. Sorgo CENTA S-2 bmr: nueva variedad forrajera. (en línea). La Libertad, CENTA. s. p. Consultado 7 ene. 2022. Disponible en <https://digitalcommons.unl.edu/intormilpubs/40>.

36. Crespo, Y.; Nuñez, R. 2018. Evaluación de la estructura de verdeos puros y mezclas bajo pastoreo. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 117 p. Consultado 26 nov. 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12008/28241>.
37. Cruz, A.; Hernández, A.; Enríquez, J.; Gómez, A.; Ortega, E.; Maldonado, N. 2011. Producción de forraje y composición morfológica del pasto Mulato (*Brachiaria* híbrido 36061) sometido a diferentes regímenes de pastoreo. (en línea). Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 2(4): 429 – 443. Consultado 9 dic. 2021. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242011000400007&lng=es&tlng=es.
38. _____.; _____.; Vaquera, H.; Chay, A.; Enríquez, J.; Ramírez, S. 2017. Componentes morfogenéticos y acumulación del pasto mulato a diferente frecuencia e intensidad de pastoreo. (en línea). Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 8(1): 101 – 109. Consultado 23 set. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4310>.
39. Cuitiño, M.; Purtscher, I.; Stewart, S.; Morales, X.; Cardozo, V. 2021. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de sorgo forrajero. (en línea). Montevideo, INIA. 20 p. Consultado 23 oct 2021. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_CV/Ano2020/PubSorgoForrajeroPeriodo2020.pdf.
40. Darby, H.; Harwood, H.; Cummings, E.; Madden, R.; Monahan, S. 2012. 2012 Brown Mid-Rib corn variety trial. (en línea). Burlington, University of Vermont Extension. s.p. Consultado 14 ene. 2022. Disponible en https://www.uvm.edu/sites/default/files/media/2012bmr_vtcornreportfinal.pdf.
41. de León, M.; Giménez, R. A. 2008. Efecto del contenido de grano y del gen BMR en sorgos para silaje: 1. rendimiento y calidad. (en línea). Revista Argentina de Producción Animal. 28(1): 349 – 543. Consultado 15 ene. 2022. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/119-sorgo.pdf.
42. del Pozo, P. P. 2002. Bases ecofisiológicas para el manejo de los pastos tropicales. (en línea). Pastos. 32(2): 109 – 137. Consultado 27 set.

2021. Disponible en <http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/1314>.
43. _____. 2004. Bases ecofisiológicas para el manejo de los pastos tropicales. (en línea). Anuario Nuevo Universidad Agraria de La Habana 2004: 35 – 43. 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 11 set. 2021. 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. 2010a. Sorgos forrajeros: la nueva generación. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 14 abr. 2021. Disponible en <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/sorgos-forrajeros-nueva-generacion-t28478.htm>.
 46. _____. 2010b. 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.
 47. Durán, A. 1985. Los suelos del Uruguay. Montevideo, Hemisferio Sur. 398 p.
 48. Edwards, N. C.; Henry, J. R.; Fribourg, A.; Montgomery, M. 1971. Cutting management effects on growth rate and dry matter digestibility of the sorghum-sudangrass cultivar Sudax SX-111. *Agronomy Journal*. 63(2): 267 – 271.
 49. Faría Mármol, J. 2006. Manejo de pastos y forrajes en la ganadería de doble propósito. (en línea). In: Seminario de Pastos y Forrajes (10°, 2006, Maracaibo). Trabajos presentados. Maracaibo: Universidad del Zulia. s. p.
 50. Farías, L. 2015. El sorgo es una alternativa sustentable para aumentar la producción de carne. (en línea). *El Observador*, Montevideo, UY, ago. 28: s. p. Consultado 13 abr. 2021. Disponible en <https://www.elobservador.com.uy/nota/el-sorgo-es-una-alternativa-sustentable-para-aumentar-la-produccion-de-carne->

[2015828500#:~:text=La%20%C3%A9poca%20de%20siembra%20recomendada,15%20a%20%20kilos%20por.](https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/10063/INTA_CRMisiones_EEACerroAzul_Fariza_SA_Caracterizacion_preliminar_de_cultivares_comerciales_sorgo_silero.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

51. Fariza, S. I.; Heck, M.; de Lucía, A.; Blaschik, J. 2017. Caracterización preliminar de cultivares comerciales de sorgo silero en Misiones (Argentina): campaña 2016/2017. (en línea). Misiones, INTA. 21 p. (Informe de Avance no. 8). Consultado 27 dic. 2021. Disponible en https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/10063/INTA_CRMisiones_EEACerroAzul_Fariza_SA_Caracterizacion_preliminar_de_cultivares_comerciales_sorgo_silero.pdf?sequence=2&isAllowed=y.
52. Fassio, A.; Cazzolino, D.; Ibañez, W.; Fernández, E. 2002. Sorgo: destino forrajero. Montevideo, INIA. 31 p. (Serie Técnica no. 127).
53. Fernández, A. 2011. Contribución a la viabilidad de los sistemas de producción de carne bovina en la región subhúmeda y semiárida de la República Argentina: estrategias de mejora. (en línea). Tesis Dr. en Ciencias Veterinarias. Mayabeque, Cuba. Instituto de Ciencia Animal. 151 p. Consultado 15 ene. 2022. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12123/5132>.
54. Formoso, F. A. 1996. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. (en línea). In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 1 – 19 (Serie Técnica no. 80). Consultado 26 set. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807135431.pdf>.
55. Gabard, L.; Russi, I. 2005. Efecto de la intensidad de pastoreo en producción y dinámica poblacional de Sorghum sudanense var Comiray. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 137 p.
56. 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.
57. _____. 2010. Intensidad y frecuencia de defoliación de una pastura. (en línea). Agromercado. no. 155: 8 – 9. Consultado 30 nov. 2021. Disponible en <https://www.produccion->

animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/158-defolicacion_8.pdf.

58. Giorda, L.; Cordes, G. 2008. Sorgo, un cultivo que se impone. (en línea). Córdoba, Todo Agro. s.p. Consultado 28 dic. 2021. Disponible en <https://www.todoagro.com.ar/sorgo-un-cultivo-que-se-impone/>.
59. Gomide, J. A.; Gomide, C. 2002. Utilização e manejo de pastagens. (en línea). In: Reunión Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (39°, 2002, Recife). Relatório. Viçosa, Sociedade Brasileira de Zootecnia. s.p. Consultado 29 nov. 2021. Disponible en [https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/zootecnia/ANACLAU/DIARUGGIERI/manejopastagens_gomide .pdf](https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/zootecnia/ANACLAU/DIARUGGIERI/manejopastagens_gomide.pdf).
60. Gontijo, M. R.; Gonçalves, L. C.; Ferreira, J. J. C.; Borges, A. L.; Sobreira, R. F.; Rabelo, L. S.; Penna, A. G.; Rodrigues, J. A. S.; Borges, I.; Rodríguez, N. M.; Saliba, E. S. O.; Lima, B. M. P. J. 2003. Altura e relação folha-haste de seis híbridos sorgos em três cortes e duas épocas de plantio. In: Reunión da Sociedade Brasileira de Zootecnia (40°, 2003, Santa Maria). Relatório. Viçosa, Sociedade Brasileira de Zootecnia. s.p.
61. González, P. 2010. Productividad de vacas lecheras pastoreando praderas con diferentes gramíneas perennes. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 68 p. Consultado 22 dic. 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12008/23636>.
62. González, L. 2013a. Evaluación de la composición nutricional de microsilos de king grass "Pennisetum purpureum" y pasto saboya "Panicum maximum jacq" en dos estados de madurez con 25% de contenido ruminal de bovinos faenados en el camal municipal del cantón Quevedo. (en línea). Tesis Dr. Veterinario y Zootecnista. Latacunga, Ecuador. Universidad Técnica de Cotopaxi. Unidad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales "Caren". 86 p. Consultado 7 dic. 2021. Disponible en <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1633/1/T-UTC-1507.pdf>.
63. González, M. 2013b. Evaluación de rendimiento y calidad de sorgos forrajeros para pastoreo directo en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires. (en línea). Tesis Ing. en Producción Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina. Universidad Católica Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias. 39 p. Consultado 29 dic. 2021. Disponible en <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/374>.

64. Gregorini, P.; 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. 5 p. Consultado 30 nov. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/61-produccion_en_pastoreo.pdf.
65. Hernández, A.; Matthew, C.; Hodgson J. 2000. The influence of defoliation height on dry-matter partitioning and CO₂ exchange of perennial ryegrass miniature swards. *Grass Forage Science*. 55(4): 372 – 376.
66. Hernández, M.; Moreno, W. 2011. Validación de cuatro variedades de sorgo bmr comparadas con sorgo normal. (en línea). El Salvador, CENTA. 13 p. Consultado 17 ene. 2022. Disponible en <http://crsps.net/wp-content/downloads/INTSORMIL/Inventoried%209.7/3-2011-5-702.pdf>.
67. Hodgson, J. 1979. Nomenclature and definitions in grazing studies. *Grass and Forage Science*. 34(1): 11 – 17.
68. _____. 1982. La relación entre la estructura de las praderas y la utilización de plantas forrajeras tropicales. (en línea). In: Paladines, O.; Lascano, C. eds. Germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas: metodologías de evaluación. Cali, CIAT. pp. 21 – 48. Consultado 25 nov. 2021. Disponible en http://ciat-library.ciar.org/Articulos_CIAT/Digital/SB193.G4_Germoplasma_forrajero_bajo_pastoreo_en_peque%C3%B1as_parcelas_Metodolog%C3%ADas_de_evaluacion.pdf#page=47.
69. _____. 1990. *Grazing management: science into practice*. New York, Longman. 203 p.
70. Homen, M.; Entrena, I.; Arriojas, L. 2010. Biomasa y valor nutritivo de tres gramíneas forrajeras en diferentes períodos del año en la zona de bosque húmedo tropical, Barlovento, estado Miranda. (en línea). *Zootecnia Tropical*. 28(1): 115 – 127. Consultado 10 dic. 2021. Disponible en http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692010000100015&lng=es&tlng=es.
71. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2018. Algunos conceptos sobre calidad de forrajes. (en línea). Montevideo. 2 p. (Ficha Técnica no. 33). Consultado 14 mar. Disponible en

<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11188/1/Ficha-tecnica-33-Algunos-conceptos-sobre-calidad-de-forrajes.pdf>.

72. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, AR). s.f. Composición química de forrajes para nutrición animal. (en línea). Santiago del Estero. s.p. Consultado 29 dic. 2021. Disponible en <https://inta.gob.ar/servicios/composicion-quimica-de-forrajes-para-nutricion-animal>.
73. Jasso, R.; Faz, R.; Berzoza, M.; Chávez, N.; Núñez, G.; Orozco, G. 2007. Requerimientos hídricos y manejo del agua de riego en cultivos forrajeros. (en línea). Chihuahua, INIFAP. 50 p. (Folleto científico no. 4). Consultado 25 ene. 2022. Disponible en <https://www.compucampo.com/tecnicos/requerimientoshidricosmanejooagua-cultivosforrajeros.pdf>.
74. Kent, F. 2019. Forrajeras cultivadas anuales y perennes más difundidas en la provincia de La Pampa. (en línea). La Pampa, INTA. pp. 47 – 52. Consultado 19 nov. 2021. Disponible en <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/6097>.
75. 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>.
76. Lemaire, G. 2001. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. (en línea). In: International Grassland Congress (19°, 2001, São Paulo). Proceedings. Piracicaba, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. s.p. Consultado 30 nov. 2021. Disponible en <https://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4058&context=igc>.
77. 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.
78. Luisoni, L. 2010. Ajuste de carga animal: aspectos teóricos y recomendaciones prácticas. (en línea). In: Jornada Instituto de la Promoción de la Carne Vacuna Argentina (2°, 2005, Reconquista).

Trabajos presentados. Reconquista, INTA. s.p. Consultado 7 set. 2021. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-ajuste de carga animal aspectos tericos y recomendaci.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-ajuste_de_carga_animal_aspectos_tericos_y_recomendaci.pdf).

79. 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/>.
80. Lyons, R. K.; Machen, R.; Forbes, T. D. A. 2001. Entendiendo el consumo de forraje de los animales en pastizales. (en línea). Texas, Texas AgriLife Extensión Service. s.p. Consultado 26 dic. 2021. Disponible en https://oaktrust.library.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/87064/pdf_1489.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
81. Marchegiani, G. 1985. Morfofisiología de plantas forrajeras. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 20 nov. 2021. Disponible en [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/31-morfofisiologia plantas forrajeras.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/31-morfofisiologia_plantas_forrajeras.pdf).
82. Martha, G.; Corsi, M., Barioni, G., 2004. Intensidade de desfolha e produção de forragem do capim Tanzânia irrigado na primavera e verão. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 39(9): 927 – 936. Consultado 23 de dic. 2021. Disponible en <https://www.scielo.br/j/pab/a/jYdXknwWFVgzbcPZrNwtJDn/?lang=pt>.
83. McCuiston, K.; McCollum, T.; Greene, W.; Bean, B.; Van Meter, R.; Vasconcelos, J.; Silva, J. 2005. Performance of steers grazing photoperiod-sensitive and brown midrib varieties of sorghum-sudangrass. (en línea). Texas, Texas Cooperative Extension. s.p. Consultado 15 set. 2021. Disponible en <http://animalscience.tamu.edu/wp-content/uploads/sites/14/2012/04/beef-performance.pdf>.
84. _____.; _____.; _____.; Mac Donald, J.; Beant, B. 2011. Performance of stocker cattle grazing two sorghum-sudangrass hybrids under various stocking rates. (en línea). The Professional Animal Scientist. 27(2): 92 – 100. Consultado 14 ene. 2022. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/277866542_Performance_of_stocker_cattle_grazing_2_sorghum-sudangrass_hybrids_under_various_stocking_rates.

85. Melani, E. 2009. Utilización de verdeos de invierno. (en línea). Argentina. 3 p. Consultado 19 nov. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_y_verdeos_invierno/70-verdeos_inv_09_nv.pdf.
86. MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, UY). 2020. Coneat. (en línea). Montevideo. s. p. Consultado 14 mar. 2022. Disponible en <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/politicas-y-gestion/coneat>.
87. 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>.
88. 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.
89. Montossi, F.; Risso, D. F.; Pigurina, G. 1996. Consideraciones sobre utilización de pasturas. (en línea). In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 93 – 105. (Serie Técnica no. 80). Consultado 24 dic. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8482/1/ST80-p.93-105.pdf>.
90. _____; Cazzuli, F.; Lagomarsino, X. 2017. Sistemas de engorde de novillos sobre verdeos anuales estivales en la región de Basalto. (en línea). Montevideo, INIA. 96 p. (Serie Técnica no. 230). Consultado 15 nov. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6907/1/st-230-2017.pdf>.
91. 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.
92. 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). Comunicaciones: Publicación del Valle

- Inferior. 20(63): 17 – 22. Consultado 19 set. 2021. Disponible en https://produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/171-verdeos_verano.pdf.
93. Oliver, L.; Pedersen, J. F.; Grant, R. J.; Klopfenstein, T. J. 2005. Comparative effects of the sorghum bmr-6 and bmr-12 genes. *Crop Science*. 45(6): 2234 – 2239.
94. Orozco, E.; Salazar, V. 2014. Evaluación de sorgos para alimentación bovina en el Pacífico Central de Costa Rica. (en línea). *Alcances Tecnológicos*. 10(1): 5 – 12. Consultado 1 dic. 2021. Disponible en <https://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/05/00525-revista-2014-alcances-tecnologicos.pdf#page=6>.
95. Ortiz, H. 2020. El papel de la fibra en la eficiencia nutricional de los rumiantes. (en línea). Medellín, Somex. s.p. Consultado 12 ene. 2022. Disponible en <https://somex.com.co/el-papel-de-la-fibra-en-la-eficiencia-nutricional-de-los-rumiantes/>.
96. Oyhamburu, M.; Vecchio, M.; Heguy, B.; Lissarrague, M.; Bolaños, V.; Fernández, F.; Delgado, J. 2018. Curso de forrajicultura y praticultura, tomo 2. La Plata, Universidad Nacional de La Plata. 102 p.
97. Parga, J.; Balocchi, O.; Teuber, N.; Abarzúa, A.; Lopetegui, J.; Anwandter, V.; Canseco, C.; Demanet, R. 2007. Criterios y recomendaciones para el manejo del pastoreo. (en línea). In: Teuber, N.; Balocchi, O.; Parga, J. eds. *Manejo del pastoreo: proyecto FIA*. Osorno, Fundación para la Innovación Agraria. pp. 107 – 129. Consultado 18 nov. 2021. Disponible en <http://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/2080>.
98. Parsi, J.; Godio, L.; Miazzo, R.; Maffioli, R.; Echevarría, A.; Provencal, P. 2001. Valoración nutritiva de los alimentos y formulación de dietas. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 30 dic. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/16-valoracion_nutritiva_de_los_alimentos.pdf.
99. Pérez, A.; Quero, A.; Escalante, J.; Rodríguez, M.; Garduño, S.; Miranda, L. 2018. Fenología, biomasa y análisis de crecimiento de cultivares de sorgo forrajero en valles altos. (en línea). *Agronomía Costarricense*. 42(2): 107 – 117. Consultado 21 mar. 2022. Disponible en

https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242018000200107.

100. Plata, F. X.; Ebergeny, S.; Resendiz, J. L.; Villarreal, O.; Bárcena, R.; Viccon, J. A.; Mendoza, G. D. 2009. Palatabilidad y composición química de alimentos consumidos en cautiverio por el venado cola blanca de Yucatán (*Odocoileus virginianus yucatanensis*). (en línea). Archivos de Medicina Veterinaria. 41(2): 123 – 129. Consultado 28 dic. 2021. Disponible en https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X2009000200005.
101. 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.
102. Pusineri, J.; Ocampos, D. 2013. Desempeño productivo de novillos cebuinos *Bos indicus* e híbridos *Bos taurus* mantenidos bajo pastoreo rotativo de sorgo forrajero *Sorghum bicolor* L Moench. (en línea). Investigación Agraria. 6(2): 29 – 33. Consultado 15 set. 2021. Disponible en <http://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/146/143>.
103. Reinosso, V.; Soto, C. 2006. Cálculo y manejo en pastoreo controlado: II. Pastoreo rotativo y en franjas. (en línea). Veterinaria. 41(161-162): 15 – 24. Consultado 8 set. 2021. Disponible en <https://www.revistasmvu.com.uy/index.php/smvu/article/view/360/229>.
104. Rodríguez, M.; Fuentes, J. 2002. Influencia de tres frecuencias de corte (30, 45 y 60 días) sobre el rendimiento y parámetro de calidad de la biomasa del sorgo forrajero (*Sorghum vulgare*) HF-895. (en línea). Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Desarrollo Rural. 33 p. Consultado 3 dic. 2021. Disponible en <https://repositorio.una.edu.ni/765/1/tnf01r696i.pdf>.
105. Romero, L.; Aronna, S.; Comerón, E. 2002. El sorgo forrajero ¿Puede ser un buen sustituto del maíz? (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 24 nov. 2021. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/maiz_sorgo/45-sorgo_puede-sustituir_al_maiz.pdf.
106. _____. 2003. Sorgos forrajeros bajo pastoreo: una cuestión de manejo. (en línea). Rafaela, INTA. s.p. Consultado 24 nov. 2021. Disponible en

http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/art_divulgacion/ad_0004.htm.

107. _____. 2008. Pasturas templadas y tropicales. (en línea). In: Curso internacional de lechería para profesionales de América Latina (21°, 2008, Rafaela). Trabajos presentados. s.n.t. pp. 37 – 60. Consultado 17 nov. 2021. Disponible en [http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/EFFECTOS_DE_LA_RADIACION_SOLAR_Y_OTROS_PARA_1METROS SOBRE LA PROD. MS Y CALIDAD DE PASTURAS TEMPLADAS Y TROPICALES \(1\) \(1\).pdf](http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/EFFECTOS_DE_LA_RADIACION_SOLAR_Y_OTROS_PARA_1METROS SOBRE LA PROD. MS Y CALIDAD DE PASTURAS TEMPLADAS Y TROPICALES (1) (1).pdf).
108. Rossi, J.; Malmantile, A.; Correa, M. 2008. Híbridos de sorgo y maíz para silo en el sur de Santa Fe. (en línea). Para Mejorar la Producción. no. 84 – 89. Consultado 15 ene. 2022. Disponible en <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-hibridos-sorgo-y-maiz-silo-sur-santa-fe.pdf>.
109. Rovira, P.; Echeverría, J. 2013. Desempeño productivo de novillos pastoreando sudangras o sorgo forrajero nervadura 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&tlng=en.
110. Salas, J. 2006. Evaluación de dietas con alta inclusión de ensilaje de sorgo bmr o sorgo granífero, en vacas lecheras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 98 p.
111. Saldanha, S.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M. 2010. Intensidad del pastoreo sobre la estructura de una pastura de Lolium perenne cv Horizon. (en línea). Agrociencia (Uruguay). 14(1): 44 – 54. Consultado 24 nov. 2021. Disponible en http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S2301-15482010000100007&script=sci_arttext&tlng=en.
112. _____. 2011. Morfo-fisiología de plantas forrajeras. (en línea). Paysandú, Facultad de Agronomía. 39 p. Consultado dic. 2021. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/PASTURAS%20CRS/02%20-%20Morfofisiologia%202011.pdf>.
113. 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>.

114. Scherger, E. 2020. Dinámica de macollaje, acumulación de materia seca y patrón de enraizamiento de *Panicum coloratum* L. en respuesta a la defoliación. (en línea). Tesis Mag. en Producción Agropecuaria en Regiones Semiáridas. Santa Rosa, Argentina. Universidad Nacional de La Pampa. Facultad de Agronomía. 108 p. Consultado 4 dic. 2021. Disponible en <https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/7211/atp-schdin020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
115. Tergas, L. E. 1982. Efecto de los factores de manejo del pastoreo sobre la utilización de pasturas tropicales. (en línea). *In*: Metodologías de evaluación de germoplasma bajo pastoreo en pequeñas parcelas con animales para una red en América tropical (1982, Cali). Trabajos presentados. Cali, CIAT. pp. 65 – 80. Consultado 20 dic. 2021. Disponible en <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/handle/11348/6486>.
116. Todo Agro, AR. 2022a. Sorgo forrajero fotosensitivo BRÍOSO. (en línea). Río Negro. s.p. Consultado 18 nov. 2021. Disponible en <https://todo-agro.com/producto/sorgo-forrajero-fotosensitivo-brioso>.
117. Todo Agro, AR. 2022b. Sorgo forrajero fotosensitivo DESAFÍO. (en línea). Río Negro. s.p. Consultado 29 dic. 2021. Disponible en <https://todo-agro.com/producto/sorgo-forrajero-desafio>.
118. Torrecillas, M. G. 2006. La hora de los sorgos. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado 17 ene. 2022. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/maiz_sorgo/90-sorgos.pdf.
119. 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>.
120. Trujillo, A.; Uriarte, G. 2011. Valor nutritivo de las pasturas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 29 nov. 2021. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/ALIMENTOS%20RUMIANTES/Trujillo Uriarte.VALOR NUTRITIVO PASTURAS.pdf>.

121. Ugarte, C. 2012. Ecofisiología de plantas forrajeras. (en línea). Voces y Ecos. no. 27: 37 – 42. Consultado 17 nov. 2021. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_vye_nro27_ecofisiologia_de_plantas_forrajeras.pdf.
122. Vasconcelos, J.; Greene, L.; McCollum, F.; Bean, B.; Van Meter, R. 2003. Performance of crossbred steers grazing photoperiod sensitive and not photoperiod sensitive Sorghum Sudangrass hybrids. (en línea). Journal of Animal Science. 81(supl. 2): 103. Consultado 4 dic. 2021. Disponible en http://agriflife.org/amarillo/files/2010/11/bean13_crossbred_steers.pdf.
123. Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2da. ed. Ithaca, Comstock. 476 p.
124. 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.
125. _____. 2003. Avances sobre el engorde de novillos en forma intensiva. Montevideo, INIA. 33 p. (Serie Técnica no.135).
126. _____.; Mescia, M.; Brit, A.; Cibilis, R.; Aunchain, M. 2003a. Efecto de la presión de pastoreo sobre ganancia en peso y eficiencia de utilización del forraje de novillos de distinta edad. (en línea). In: Vaz Martins, D. ed. Avances sobre el engorde de novillos en forma intensiva. Montevideo, INIA. pp. 9 – 17. (Serie Técnica no. 135). Consultado 23 nov. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8151/1/st-135-2003.-p.-9-17.pdf>.
127. _____.; Seigal, E.; Pittaluga, O. 2003b. Producción de carne con sudangrass dulce, híbrido de sudangrass x sorgo granífero y sorgo doble propósito. (en línea). In: Vaz Martins, D. ed. Avances sobre el engorde de novillos en forma intensiva. Montevideo, INIA. pp. 19 – 22. (Serie Técnica no. 135). Consultado 5 oct. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8150/1/st-135-2003.-p.-19-22.pdf>.
128. Velazco, J.; Esquivel, J.; Rovira, P. 2012. Efecto del acceso a sombra artificial en la ganancia de peso, estrés y conducta de novillos pastoreando sudangrass durante el verano. (en línea). In: Rovira, P. J. ed. Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles de

la región Este del Uruguay. Montevideo, INIA. pp. 45 – 57. (Serie Técnica no. 202). Consultado 12 oct. 2021. Disponible en <http://inia.uy/en/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429301012120420.pdf#page=60>.

129. 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_estructura_de_forrajeras.pdf.

9. APÉNDICES

Apéndice No. 1. Altura promedio forraje disponible primer pastoreo.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Altura disponible	6	0,95	0,87	13,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5527,83	3	1842,61	11,77	0,0793
Bloque	5490,33	2	2745,17	17,54	0,0539
Trat	37,50	1	37,50	0,24	0,6729
Error	313,00	2	156,50		
Total	5840,83	5			

Apéndice No. 2. Altura promedio forraje disponible segundo pastoreo.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Altura disponible	6	0,95	0,88	13,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4371,83	3	1457,28	12,95	0,0725
Bloque	4334,33	2	2167,17	19,26	0,0493
Trat	37,50	1	37,50	0,33	0,6220
Error	225,00	2	122,50		
Total	4596,83	5			

Apéndice No. 3. Altura promedio forraje disponible ambos pastoreos.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
-----------------	----------	----------------------	-------------------------	-----------

Altura disponible 12 0,87 0,83 15,83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9710,17	3	3226,72	18,46	0,0006
Bloque	9635,17	2	4817,58	27,48	0,0003
Trat	75,00	1	75,00	0,43	0,5314
Error	1402,50	8	175,31		
Total	11112,67	11			

Apéndice No. 4. Altura promedio forraje remanente primer pastoreo.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Altura remanente	6	0,95	0,88	13,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3677,83	3	1225,94	13,40	0,0702
Bloque	3460,33	2	1820,17	19,89	0,0479
Trat	37,50	1	37,50	0,41	0,5876
Error	183,00	2	91,50		
Total	3860,83	5			

Apéndice No. 5. Altura promedio forraje remanente segundo pastoreo.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Altura remanente	6	0,95	0,88	13,96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	GI	CM	F	p-valor
-------------	------------	-----------	-----------	----------	----------------

Modelo	1554,00	3	518,00	12,74	0,0737
Bloque	1537,33	2	768,67	18,90	0,0502
Trat	16,67	1	16,67	0,41	0,5876
Error	81,33	2	40,67		
Total	1635,33	5			

Apéndice No. 6. Altura promedio forraje remanente ambos pastoreos.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Altura remanente	12	0,68	0,56	29,67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5006,58	3	1668,86	5,59	0,0231
Bloque	4954,50	2	2477,25	8,29	0,0112
Trat	52,08	1	52,08	0,17	0,6872
Error	2389,67	8	298,71		
Total	7396,25	11			

Apéndice No. 7. Utilización en altura primer pastoreo.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Utilización en altura	6	0,96	0,90	15,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	464,33	3	154,78	16,29	0,0584
Bloque	464,33	2	232,17	24,44	0,0393
Trat	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999

Error	19,00	2	9,50
Total	483,33	5	

Apéndice No. 8. Utilización en altura segundo pastoreo.

Variable	N	R²	R²Aj	CV
Utilización en altura	6	0,95	0,88	13,83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	687,33	3	229,11	12,73	0,0737
Bloque	681,33	2	340,67	18,93	0,0502
Trat	6,00	1	6,00	0,33	0,6220
Error	36,00	2	18,00		
Total	723,33	5			

Apéndice No. 9. Utilización en altura ambos pastoreos.

Variable	N	R²	R²Aj	CV
Utilización en altura	6	0,95	0,87	14,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1781,50	3	593,83	11,72	0,0796
Bloque	1777,33	2	888,67	17,54	0,0539
Trat	4,17	1	4,17	0,08	0,8013
Error	101,33	2	50,67		
Total	1882,83	5			

Apéndice No. 10. Nudos promedio forraje disponible.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Altura disponible	13	0,49	0,31	18,31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,81	3	1,94	2,83	0,0988
Bloque	5,81	2	2,90	4,24	0,0504
Trat	3,6E-03	1	3,6E-03	0,01	0,9438
Error	6,16	9	0,68		
Total	11,97	12			

Apéndice No. 11. Forraje disponible promedio primer pastoreo.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Forraje disponible	6	0,88	0,71	35,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	61487338,00	3	20495779,33	5,11	0,1681
Bloque	53575321,33	2	26787660,67	6,68	0,1303
Trat	7912016,67	1	7912016,67	1,97	0,2954
Error	8023969,33	2	4011984,67		
Total	69511307,33	5			

Apéndice No. 12. Forraje disponible promedio segundo pastoreo.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Forraje disponible	6	0,99	0,98	7,17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8635730,50	3	2878576,83	87,31	0,0113
Bloque	8577517,00	2	4288758,50	130,09	0,0076
Trat	58213,50	1	58213,50	1,77	0,3152
Error	65937,00	2	32968,50		
Total	8701667,50	5			

Apéndice No. 13. Forraje remanente promedio.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Forraje remanente	6	0,89	0,72	44,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	31411147,83	3	10470382,61	5,38	0,1608
Bloque	29690586,33	2	14845293,17	7,62	0,1160
Trat	1720561,50	1	1720561,50	0,88	0,4465
Error	3895513,00	2	1947756,50		
Total	35306660,83	5			

Apéndice No. 14. Forraje remanente promedio.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Forraje remanente	6	0,99	0,98	7,18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	776501,83	3	258833,94	86,84	0,0114
Bloque	771280,33	2	385640,17	129,39	0,0077

Trat	5221,50	1	5221,50	1,75	0,3167
Error	5961,00	2	2980,50		
Total	782462,83	5			

Apéndice No. 15. Forraje remanente promedio.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Forraje remanente	12	0,37	0,13	104,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	19551150,50	3	6517050,17	1,55	0,2761
Bloque	18593475,50	2	9296737,75	2,21	0,1726
Trat	957675,00	1	957675,00	0,23	0,6463
Error	33712534,50	8	4124066,81		
Total	53263685,00	11			

Apéndice No. 16. Forraje desaparecido promedio.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Forraje desaparecido	6	0,88	0,69	37,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	28981446,33	3	9669482,11	4,78	0,1777
Bloque	24798096,33	2	123399048,17	6,14	0,1400
Trat	4183350,00	1	4183350,00	2,07	0,2867
Error	4038127,00	2	2019063,50		
Total	33019573,33	5			

Apéndice No. 17. Forraje desaparecido promedio.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Forraje desaparecido	6	0,99	0,98	7,18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4230715,17	3	1410238,39	86,91	0,0114
Bloque	4202287,00	2	2101143,50	129,48	0,0077
Trat	28428,33	1	28428,17	1,75	0,3167
Error	32454,33	2	16227,17		
Total	4263169,50	5			

Apéndice No. 18. Forraje desaparecido promedio.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Forraje desaparecido	6	0,92	0,79	27,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	51768114,50	3	17256038,17	7,22	0,1241
Bloque	46866626,33	2	23433313,17	9,80	0,0926
Trat	4901488,17	1	4901488,17	2,05	0,2886
Error	4782810,33	2	2391405,17		
Total	56550924,83	5			

Apéndice No. 19. % utilización forraje disponible promedio.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
% Utilización	12	0,13	0,00	4,14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9,79	3	3,26	0,41	0,7479
Bloque	7,71	2	3,85	0,49	0,6307
Trat	5,63	1	5,63	0,71	0,4230
Error	63,13	8	7,89		
Total	72,92	11			

Apéndice No. 20. Hoja disponible (%).

Variable	N	R²	R²Aj	CV
% hoja	17	0,15	0,00	30,60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	186,59	3	62,20	0,74	0,5469
Bloque	172,50	2	86,25	1,03	0,3857
Trat	15,87	1	15,87	0,19	0,6711
Error	1092,77	13	84,06		
Total	1279,36	16			

Apéndice No. 21. Hoja disponible (%).

Variable	N	R²	R²Aj	CV
% hoja	12	0,39	0,16	25,20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	300,11	3	100,04	1,70	0,2430

Bloque	297,34	2	148,67	2,53	0,1407
Trat	31,57	1	31,57	0,54	0,4844
Error	469,92	8	58,73		
Total	769,92	11			

Apéndice No. 22. Hoja disponible (%).

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
% hoja	5	0,32	0,00	63,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>S.C</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	162,61	3	54,20	0,16	0,9122
Bloque	159,67	1	159,67	0,47	0,6169
Trat	2,94	2	1,47	4,3 E-03	0,9957
Error	338,52	1	338,52		
Total	501,13	4			

Test: Tukey. Alfa=0,05 DMS=0,0000
Error: 338,5202 gl:1

<u>Trat</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
BMR	34,06	2	13,01	A
FS	24,12	3	011,27	B

Apéndice No. 23. Tallo disponible (%).

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
% tallo	17	0,15	0,00	13,09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	186,59	3	62,20	0,74	0,5469
Bloque	172,50	2	86,25	1,03	0,3857
Trat	15,87	1	15,87	0,19	0,6711
Error	1092,77	13	84,06		
Total	1279,36	16			

Apéndice No. 24. Tallo disponible (%).

Variable	N	R²	R² Aj	CV
% tallo	12	0,39	0,16	11,01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	300,11	3	100,04	1,70	0,2430
Bloque	297,34	2	148,67	2,53	0,1407
Trat	31,57	1	31,57	0,54	0,4844
Error	469,81	8	58,73		
Total	769,92	11			

Apéndice No. 25. Tallo disponible (%).

Variable	N	R²	R² Aj	CV
% tallo	55	0,32	0,00	25,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	162,61	3	54,20	0,16	0,9122
Bloque	2,94	2	1,47	4,5E-03	0,9957

Trat	9,67	1	159,67	0,47	0,6169
Error	338,52	1	338,52		
Total	501,13	4			

Test: Tukey. Alfa=0,05 DMS=0,0000
Error: 338,5202 gl:1

Trat	Medias	n	E.E.	
BMR	75,89	3	11,27	A
FS	65,94	2	13,01	B

Apéndice No. 26. Relación H/T.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Relación H/T	17	0,16	0,00	41,01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,09	3	0,03	0,85	0,4903
Bloque	0,08	2	0,04	1,16	0,3432
Trat	0,01	1	0,01	0,28	0,6055
Error	0,44	13	0,03		
Total	0,53	16			

Apéndice No. 27. Relación H/T.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Relación H/T	12	0,34	0,09	36,01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
------	-----	----	----	---	---------

Modelo	0,11	3	0,04	1,37	0,3187
Bloque	0,11	2	0,06	2,06	0,1897
Trat	0,01	1	0,01	0,21	0,6602
Error	0,22	8	0,03		
Total	0,33	11			

Apéndice No. 28. Relación H/T.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Relación H/T	5	0,33	0,00	84,52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,07	3	0,02	0,16	0,9109
Bloque	2,8E-05	2	1,4E-05	1,13-04	0,9999
Trat	0,07	1	0,07	0,49	0,6123
Error	0,13	1	0,13		
Total	0,20	4			

Test: Tukey. Alfa=0,05 DMS=0,0000
Error: 0,1347 gl:1

Trat	Medias	N	E.E.	
BMR	0,52	2	0,26	A
FS	0,34	3	0,22	B

Apéndice No. 29. Uso del agua.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
KgMS/ha/mm	6	0,93	0,81	25,26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17228,19	3	5742,73	8,34	0,1090
Bloque	15820,58	2	7910,29	11,49	0,0801
Trat	1407,60	1	1407,60	2,04	0,2891
Error	1377,26	2	688,63		
Total	18605,45	5			

Apéndice No. 30. Producción total promedio del forraje.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Producción forraje	6	0,93	0,82	25,25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	64129699,83	3	21376566,61	8,35	0,1088
Bloque	58901166,33	2	29450583,17	11,51	0,0800
Trat	5228533,50	1	5228533,50	2,04	0,2892
Error	5119231,00	2	2559615,50		
Total	6924830,83	5			

Apéndice No. 31. . Producción promedio del forraje.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Producción forraje	6	0,88	0,71	35,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	61487338,00	3	20495779,33	5,11	0,1681
Bloque	53575321,33	2	26787660,67	6,68	0,1303

Trat	7912016,67	1	7912016,67	1,97	0,2954
Error	8023969,33	2	4011984,67		
Total	69511307,33	5			

Apéndice No. 32. . Producción promedio del forraje.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Producción forraje	6	0,79	0,48	72,39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1534577,83	3	511525,94	2,52	0,2971
Bloque	1258516,33	2	629258,17	3,10	0,2442
Trat	276061,50	1	276061,50	1,36	0,3641
Error	406587,00	2	203293,50		
Total	1941164,83	5			