

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DE TRES INTENSIDADES DE DEFOLIACIÓN ESTACIONALES EN
UNA PRADERA A BASE DE *Festuca arundinacea*, SOBRE LA DISTRIBUCIÓN
HORIZONTAL DE LA PASTURA

por

Rodrigo FAVARO ARTAGAVEYTIA
Joaquín DE MATTOS ESPINOSA

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2019

Tesis aprobada por:

Director: -----
Ing. Agr. Pablo Chilibroste

Ing. Agr. Diego Mattiauda

Ing. Agr. Felipe Casalás

Ing. Agr. Pamela Giles

Fecha: 30 de octubre de 2019

Autores: -----
Rodrigo Favaro Artagaveytia

Joaquín de Mattos Espinosa

AGRADECIMIENTOS

Le agradecemos especialmente a Pamela Giles, que nos acompañó y apoyó durante toda las etapas de este trabajo, tanto en el trabajo de campo como en la redacción. Fue siempre buena compañía y de gran ayuda a nuestras constantes dudas.

A nuestro tutor, Pablo Chilibroste, por su buena disposición frente a nuestras constantes dudas y su guía que fue de gran ayuda en la interpretación de los datos y estudio de la materia.

Queremos agradecer a nuestras familias y amigos por acompañarnos a lo largo de esta etapa.

A todos muchas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 IMPORTANCIA DE LA LECHERÍA EN URUGUAY.....	3
2.2 USO DE PASTURAS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.....	3
2.3 FESTUCA COMO PASTURA PERENNE EN LA ROTACIÓN.....	4
2.4 PRODUCCIÓN DE FORRAJE.....	5
2.5 MORFOLOGÍA DE LAS PLANTAS.....	7
2.6 ESTRUCTURA DE LA PASTURA.....	9
2.6.1 <u>Estructura vertical</u>	10
2.6.2 <u>Distribución horizontal de la pastura</u>	10
2.7 MANEJO DE LA INTENSIDAD DE DEFOLIACIÓN.....	11
2.8 HETEROGENEIDAD DE LA PASTURA.....	17
2.9 HIPÓTESIS.....	19
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	20
3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL.....	20
3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	20
3.3 TRATAMIENTOS.....	21
3.4 CONDICIONES EXPERIMENTALES.....	21
3.4.1 <u>Suelos</u>	21
3.4.2 <u>Condiciones climáticas</u>	21

3.4.3 <u>Pastura</u>	22
3.4.4 <u>Animales</u>	23
3.4.5 <u>Manejo y alimentación</u>	23
3.4.5.1 Períodos de pastoreo.....	23
3.4.5.2 Control temprano de floración.....	24
3.5 DETERMINACIONES.....	24
3.5.1 <u>Disponibilidad de forraje</u>	24
3.5.2 <u>Altura de lámina y estado de hoja</u>	24
3.5.3 <u>Distribución horizontal</u>	25
3.5.4 <u>Forraje desaparecido</u>	25
3.5.5 <u>Forraje producido</u>	26
3.5.6 <u>Tasa de crecimiento</u>	26
3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	26
4. <u>RESULTADOS</u>	28
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA PASTURA POR ALTURA Y BIOMASA.....	29
4.1.1 <u>Efecto sobre la altura canopeo y la biomasa a la entrada</u>	29
4.1.2 <u>Efecto sobre la altura canopeo y la biomasa a la salida</u>	29
4.2 CARACTERIZACIÓN SOBRE DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL.....	31
4.2.1 <u>Distribución horizontal a la entrada</u>	31
4.2.1.1 Efecto sobre la cobertura verde total.....	31
4.2.1.2 Efecto sobre la cobertura verde de festuca.....	31
4.2.1.3 Efecto sobre la cobertura verde de otras especies.....	32
4.2.2 <u>Distribución horizontal a la salida</u>	32
4.2.2.1 Efecto sobre la cobertura verde total.....	32
4.2.2.2 Efecto sobre la cobertura verde de festuca.....	33
4.2.2.3 Efecto sobre la cobertura verde de otras especies.....	33
4.3 TASA DE CRECIMIENTO.....	34
4.4 EL EFECTO DE LA INTENSIDAD DE DEFOLIACIÓN SOBRE LOS DÍAS DE RETORNO.....	35
4.5 FORRAJE DESAPARECIDO.....	36

4.5.1 <u>Forraje desaparecido en cada ciclo de pastoreo</u>	36
4.5.2 <u>Forraje desaparecido acumulado estacional</u>	39
4.5.3 <u>Forraje desaparecido anual</u>	40
4.6 <u>PRODUCCIÓN DE FORRAJE</u>	40
4.6.1 <u>Producción estacional</u>	40
4.6.2 <u>Producción anual acumulada</u>	41
5. <u>DISCUSIÓN</u>	43
5.1 EL EFECTO DE LA INTENSIDAD DE PASTOREO SOBRE LA ALTURA Y BIOMASA.....	43
5.2 EL EFECTO DE LA INTENSIDAD DE DEFOLIACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE LA PASTURA.....	44
5.2.1 <u>Entrada</u>	44
5.2.2 <u>Salida</u>	45
5.3 EL EFECTO DE LA INTENSIDAD DE DEFOLIACIÓN SOBRE LA TASA DE CRECIMIENTO Y LOS DÍAS DE RETORNO.....	46
5.4 <u>PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y DESAPARECIDO</u>	48
6. <u>CONCLUSIONES</u>	50
7. <u>RESUMEN</u>	51
8. <u>SUMMARY</u>	52
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	53

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Descripción de los tratamientos a lo largo del año.....	21
2. Descripción de fertilizaciones con urea (46-0-0).....	23
3. Descripción de la rutina de pastoreo.....	23
4. Efecto del tratamiento realizado, el período y la interacción de tratamiento por periodo sobre la altura, la biomasa y la cobertura verde para la entrada y salida del pastoreo.....	28
5. Efecto del período sobre la biomasa y altura del canopeo de entrada.....	29
6. Efecto del período sobre la altura y biomasa de salida.....	30
7. Efecto del tratamiento sobre la altura de regla, biomasa de entrada y salida...	30
8. Efecto de los tratamientos en cada período sobre la cobertura verde total para la entrada.....	31
9. Efecto del tratamiento en cada período sobre la cobertura verde de festuca a la entrada y variación entre período para cada tratamiento.....	32
10. Efecto del tratamiento en cada período sobre la cobertura verde de salida y variación entre período para cada tratamiento.....	33
11. Efecto de los tratamientos en cada período sobre la cobertura verde de otras especies y la variación entre períodos para cada tratamiento a la salida.....	34
12. El efecto del período sobre la tasa de crecimiento promedio.....	34
13. Efecto de los tratamientos en cada período sobre la tasa de crecimiento.....	35
14. El efecto del tratamiento, período e interacción tratamiento por período sobre los días de retorno.....	35
15. El efecto de los tratamientos sobre los días de retorno a las parcelas.....	35
16. El efecto del periodo sobre los días de retorno a las parcelas.....	36
17. El efecto del tratamiento y período sobre los días de retorno.....	36
18. Efecto de la interacción tratamiento por período sobre el desaparecido.....	38

19. Efecto de la interacción tratamiento por período sobre el desaparecido acumulado estacional.....	39
20. Efecto del tratamiento, período e interacción tratamiento por período sobre la producción de forraje estacional.....	40

Figura No.

1. Cambios correspondientes al peso de la pastura (W), la tasa instantánea de crecimiento (dW/dt) y la tasa de crecimiento promedio $((W-W_0)/t)$	6
2. Relación entre variables morfogénicas y características de estructura de la pastura.....	8
3. Ejemplo del crecimiento de una pastura de raigrás perenne luego de defoliaciones a tres niveles de MS remanente.....	14
4. Croquis del área experimental.....	20
5. Precipitaciones y temperatura promedio del año en que se realizó el experimento y el promedio para una serie de 12 años.....	22
6. Croquis sobre recorrido en zig - zag y los 12 sitios.....	25
7. Forraje disponible y desaparecido en kg MS/ha según tratamiento.....	37
8. Forraje disponible y desaparecido en kg.MS/ha según periodo.....	38
9. Producción anual y desaparecido en kg MS/ha según tratamiento.....	40
10. Producción estacional en kg MS/ha según tratamiento.....	41
11. Producción de forraje acumulada para el período experimental según tratamiento aplicado.....	42

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción lecheros del Uruguay son esencialmente pastoriles y en los últimos años el área sembrada de especies perennes no ha presentado cambios importantes. Sin embargo la dotación de animales por superficie ha mostrado aumentos de un 15 % respecto al 2012, estimándose para el 2016 en 1,06 cabezas/ha.

En países exportadores de leche como Uruguay, donde el precio que recibe el productor está fuertemente influenciado por el precio internacional, un menor costo de producción es clave para el desarrollo de una lechería más competitiva internacionalmente. En ese sentido los sistemas de producción de base pastoril, pueden reducir el costo mediante la cosecha directa del forraje, por lo que es importante lograr mayores producciones y utilidades del mismo.

La marcada estacionalidad de las pasturas sembradas en Uruguay hace que la eficiencia de utilización de éstas tome una particular importancia, principalmente en el otoño-invierno. En esta época la principal limitante en la respuesta productiva animal es el desbalance entre la oferta y demanda total de nutrientes. Tanto los verdeos de invierno puros como las praderas asociadas con verdeos, comienzan a ser la principal fuente forrajera recién a partir de julio. También se han encontrado problemas asociados al desbalance de área ocupada por la rotación cultivo – pastura, producción de forraje y elevada carga animal en el área efectiva de pastoreo, lo cual se asoció con inestabilidad del sistema y altos costos por unidad de producto. La inclusión de especies perennes como *Festuca arundinacea* en las rotaciones forrajeras podría contribuir a atenuar las limitaciones de la producción animal en épocas claves como el otoño-invierno. El estudio del manejo de especies perennes es importante, teniendo en cuenta que existe una brecha de mejora en producción y utilización del forraje en muchos predios lecheros. Cabe considerar estrategias de manejo estacionales del pastoreo y suplementación con forraje conservado y/o concentrados para cubrir los desbalances nutricionales en momentos de escasez de forraje y a su vez evitar situaciones de sobrepastoreo y poder obtener una mejora en la persistencia productiva.

El manejo de la pastura es clave para tener alta eficiencia porque permite cosechar en el momento óptimo y asegurar un remanente adecuado para el siguiente rebrote. Por lo tanto para maximizar la producción de forraje, es necesario mantener una adecuada cobertura promedio, es decir un buen balance entre potreros que están por ser pastoreados y aquellos que han sido recientemente pastoreados. Para ello se debe monitorear la altura de la pastura pre y post pastoreo (García y Fariña, 2010).

Además la intensidad y frecuencia de pastoreo tienen gran efecto sobre el periodo de rebrote, afectando la tasa de rebrote y sobrevivencia de plantas. Uno de los indicadores utilizados en este estudio para determinar la frecuencia de pastoreo es el “estado de hoja” el cual refleja la etapa de recuperación de la planta luego del pastoreo

en términos de niveles de energía en la planta y manteniendo forraje de calidad para rumiantes, implementando el pastoreo cuando la pastura ha acumulado entre 2 y 3 hojas/macollo (Fulkerson y Donaghy, 2001). Por lo tanto, las medidas de manejo que se apliquen en el control de la intensidad defoliación y herramienta ecofisiológicas como el “estado de hoja” para determinar la frecuencia, son relevante para incrementar la producción, persistencia del forraje y que afectan el material consumido por el animal.

En sistemas pastoriles la interrelación entre la pastura y el rumiante en pastoreo es un proceso dinámico donde los aspectos de calidad y morfológicos de las pasturas afectan el material ingerido por el animal. El consumo diario de forraje es el principal factor que determina la performance en sistemas pastoriles y es principalmente controlado por la intensidad de pastoreo. Caracterizaciones de la pastura bajo diferentes intensidades de pastoreo en cuanto a su estructura vertical y horizontal prevé información de lo que podría ocurrir en la interacción pastura- animal y lo que muchas veces determinan diferentes resultados productivos, afectando el consumo y selectividad animal. La dimensión vertical está asociada a la altura del forraje y la distribución de los componentes, como lámina, tallos y material muerto, o especies en los diferentes estratos de la pastura, con variaciones en la densidad. En la dimensión horizontal hay variaciones en la densidad de los macollos, en la composición de la comunidad de especies, en la altura y en la masa de forraje. La misma está determinada por la defoliación selectiva de los animales y además es un reflejo de las condiciones del suelo como la fertilidad y disponibilidad hídrica.

En el marco de medidas que ayuden a mejorar la sustentabilidad de los sistemas de producción lecheros del Uruguay se planteó este trabajo el estudio de alturas remanentes más adecuadas para el manejo del pastoreo en las diferentes estaciones del año, que permitiría mejorar la producción y utilización de forraje.

1.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del trabajo fue describir el efecto de tres intensidades de defoliación estacionales bajo pastoreo con vacas lecheras en una pradera a base de *Festuca arundinacia*, sobre la tasa de crecimiento y la distribución horizontal de la pastura.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Caracterizar la distribución horizontal de la pastura, pre-pastoreo y post-pastoreo mediante: I) altura de lámina, II) porcentaje de cobertura verde (CV) total, III) CV de festuca, IV) CV de otras especies de las parcelas.

Evaluar el efecto de la intensidad de defoliación sobre la tasa de crecimiento, producción de materia seca, forraje desaparecido y días de retorno.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 IMPORTANCIA DE LA LECHERÍA EN URUGUAY

La lechería en Uruguay es de gran importancia debido a que contribuye en un 7,9% del valor total de las exportaciones del país, presentado un aumento en producción de leche de 3,5 veces respecto al año 1985. En la actualidad la producción es de 2.026 millones de litros/año para el ejercicio 2015-16 (MGAP. DIEA, 2016), sobre una superficie de 764 mil hectáreas ocupando la menor superficie de las últimas tres décadas. Los productores de leche que desarrollan la actividad de forma comercial son 3.873, en tanto, presentaron una reducción de 11% a lo largo del último quinquenio. A pesar de la disminución del área ocupada por la lechería y la reducción en el número de productores, el aumento de la producción de leche ha estado basado fundamentalmente en una mejora en los índices de productividad promedio de los tambos (litros por hectárea), debido al aumento de los litros por vaca en ordeño y al número de vaca masa (MGAP. DIEA, 2016). Si bien en los sistemas de producción se constató un incremento en los niveles de suplementación (concentrado y forraje conservados), la base del sistemas de producción de leche en Uruguay sigue siendo esencialmente pastoril (> 70 % de forraje la dieta) y de ahí la relevancia de los aspectos relacionados a la producción y utilización de forrajes bajo pastoreo (Chilibroste et al., 2002).

2.2 USO DE PASTURAS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

En los sistemas de producción de leche en Uruguay la mayor parte de la energía consumida proviene del pastoreo, donde la producción de forraje se basa en pasturas bianuales o perennes en rotación con cultivos anuales tanto para pastoreo como para corte, fundamentalmente ensilaje de planta entera o grano (Chilibroste et al., 2010).

La utilización en forma estructural de pasturas de corta duración de ciclo invierno-primaveral (verdeos), determina que la rotación exponga entre un 40-70 % del área como barbecho y disminuya el área “efectiva de pastoreo”, aumentando la presión de pastoreo “sobrepastoreo” lo que reduce la producción y persistencia del forraje e incrementa el costo por unidad de producto asociado a una menor estabilidad del sistema (Chilibroste et al., Soca et al., citados por Mattiauda et al., 2009). La incorporación de especies perennes en la rotación permitiría incrementar el área efectiva de pastoreo y la estabilidad de oferta de alimentos en las diferentes estaciones, generando una disminución en la “carga real” y como consecuencia aumentar la persistencia de las pasturas debido a una menor presión de pastoreo, repercutiendo en los costos de producción (Mattiauda et al., 2009). Además los sistemas de alimentación que incrementan el consumo de forraje producido en el predio y reducen la estacionalidad en la producción de forraje pueden modificar significativamente la rentabilidad de los predios, porque la pastura usualmente puede ser suministrada a un menor costo por kilogramo de materia seca (MS) comparado con la compra de alimentos como los

concentrados (Chapman et al., 2008a). Recientemente Chilibroste y Battegazzore (2014) reportaron datos sobre un proyecto realizado a nivel nacional con 322 productores, donde evaluaron el margen de alimentación por hectárea, promedio de 3 años (2011-2013), concluyendo que los sistemas con mejores resultado se explican por lograr diferenciarse en el consumo de forraje por hectárea resultado de una mayor producción y utilización del mismo.

2.3 FESTUCA COMO PASTURA PERENNE EN LA ROTACIÓN

Festuca arundinacea es una gramínea que presenta hábito de vida perenne, ciclo de producción invernal y un hábito de crecimiento de cespitosa a rizomatosa (rizomas muy cortos). Crece bien en lugares húmedos y también tiene buena resistencia a la sequía. Presenta un establecimiento lento debido a la baja movilización de las reservas de la semilla y en consecuencia el crecimiento lento de la raíz (Carámbula, 2010).

Como menciona Formoso (2010) se ha convertido en la gramínea perenne invernal más utilizada en Uruguay. Debido al régimen de precipitación que presenta Uruguay, los cultivares de mayor adaptación en general son los de tipo continental. Los cultivares de *Festuca arundinacea* mediterráneas si bien pueden crecer más en el invierno producen menos que las festucas continentales en el resto del año y por lo tanto estos cultivares el rendimiento anual es un 20% mayor.

La incorporación a la rotación de especies como festuca, la cual tiene además yemas activas en verano, le otorgan el potencial de prolongar el crecimiento pasado el pico de primavera, llevando a mayores tasas de acumulación de forraje en noviembre, diciembre y enero, incrementando además la acumulación de forraje total anual (Chapman et al., 2008a). Según García (2003) en base a información de experimentos desarrollados entre 1989 y 2001, señala que los rendimientos promedios de *Festuca arundinacea* en el primer año pueden alcanzar 7656 kg MS/ha, en el segundo de 7273 kg MS/ha, y en el tercer año de 5069 kg MS/ha. En cuanto a la distribución estacional la primavera representa un 47%, seguido por el verano con un 13%, el otoño 18% y por último el invierno 22%.

Por otra parte, las pasturas perennes mejoran la fertilidad del suelo y pueden ayudar a controlar la lixiviación de nutrientes y la erosión (McCallum et al., 2004), contribuyendo así a la sostenibilidad del agroecosistema.

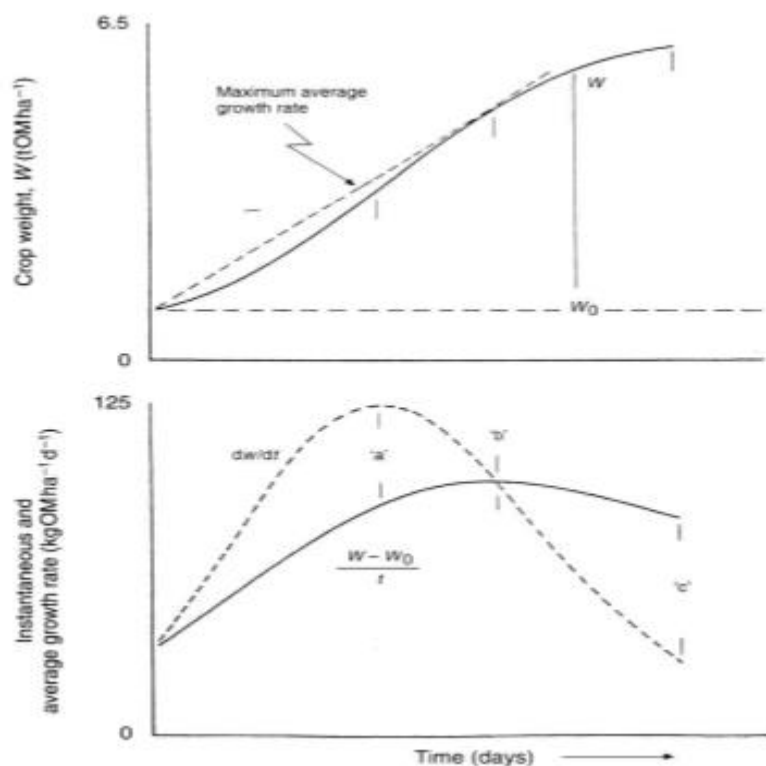
La persistencia de las pasturas es una preocupación importante en los sistemas de producción animal de base pastoril (Chapman et al., 2014). En climas subtropicales, los veranos son calurosos y las tasas de evapotranspiración son típicamente más altas que la precipitación generando, un déficit hídrico que puede ser perjudiciales para la persistencia de festuca (Easton et al., 1994). Además los antecedentes experimentales

muestran que bajo pastoreo intensivo y frecuente, la productividad y la persistencia de la festuca alta pueden verse severamente afectados (Mattiauda et al. 2009, Claramunt et al. 2011) dando lugar a una rápida aparición de malezas. La implementación de estrategias como, el control temprano de la floración (CTF), puede reducir las tasas de mortalidad de macollos en la primavera y aumentar la supervivencia de macollos durante el verano (Jáuregui et al., 2016). Dado que la remoción de ápices reproductivos puede promover el macollaje desde las yemas axilares, ya que corta la inhibición del macollaje que provoca la floración a través de mecanismos hormonales y nutricionales (Matthew et al., 2000). El CTF implica la remoción de los ápices reproductivos a través del pastoreo intenso en el período de inducción floral (fines de invierno). Jáuregui et al. (2016) en un estudio donde evaluaron la persistencia de festuca durante el verano en respuesta al CTF y suministro de N. Reportaron que la fertilización con nitrógeno y manejo del pastoreo al final del invierno (CTF) fueron dos factores importantes que afectaron a la supervivencia de macollos en estado vegetativo durante el verano. Encontrando una mayor tasa de supervivencia de los macollos, donde el CTF fue más intenso (menor altura remanente) y donde se aplicó N. Este estudio indica que la perennidad de la festuca en un ambiente subtropical depende en gran medida la supervivencia de macollos presentes en primavera, ya que estos macollos representan la población base más abundante durante el verano.

2.4 PRODUCCIÓN DE FORRAJE

El crecimiento neto de una pastura está dado por el balance entre la cantidad de carbono (C) fijado por fotosíntesis y perdido por los procesos de respiración y senescencia de los tejidos. Si este crecimiento neto no es aprovechado (cosechado por pastoreo o máquina) en el momento óptimo, inevitablemente la pérdida de biomasa de forraje aumentará y, consecuentemente, disminuirá el crecimiento neto de forraje. Es decir que todo ese tejido verde y de alto valor nutricional en un momento dado, senescera y morirá sino es cosechado. La cantidad de pasto producido en condiciones donde los nutrientes y el agua no son limitantes estará determinada por la temperatura y la radiación solar absorbida. Esta última es función de la cantidad de tejido verde (o biomasa) disponible. En la práctica esto significa que, para maximizar la producción de forraje, se deben mantener las pasturas dentro del rango óptimo de biomasa o índice de área foliar (IAF, García y Fariña, 2010).

El crecimiento de la pastura presenta una curva sigmoideal típica y Parsons et al. (1988) mostraron cómo las tasas de crecimiento instantáneos y promedio netos se pueden derivar de esta curva y se utilizan para identificar el tiempo óptimo para la cosecha durante el ciclo de nuevo crecimiento para maximizar el rendimiento de forraje sobre ciclos repetidos de la defoliación. El punto óptimo es cuando el crecimiento promedio (Ecuación 1) alcanza su valor máximo durante el rebrote.



Referencias: Ecuación (1) = tasa de crecimiento promedio = $(W-W_0)/t$.
 W = masa de la pastura.
 t = tiempo durante el rebrote.
 W_0 = masa pastura al inicio del periodo de rebrote.

Figura No. 1. Cambios correspondientes al peso de la pastura (W), la tasa instantánea de crecimiento (dW/dt) y la tasa de crecimiento promedio $(W-W_0)/t$

Fuente: Parsons y Penning, citados por Parsons y Chapman (2000).

La tasa de crecimiento promedio puede ser imaginada como una línea trazada desde el peso inicial de la pastura (remanente), W_0 , hacia algún punto sobre la curva de crecimiento de W . La máxima tasa de crecimiento promedio, se da cuando la línea se hace tangente a la curva, en "b", y esto define el tiempo óptimo para cosechar la pastura, la mejor duración del período de rebrote (Parsons y Chapman, 2000).

Como puede observarse, la máxima tasa de crecimiento promedio se logra (en tiempo "b") después del punto de la máxima tasa de crecimiento instantánea, pero antes del punto del máximo rendimiento (Parsons y Chapman, 2000).

Bircham y Hodgson (1983) reportaron que bajo condiciones de crecimiento no limitantes, la tasa de crecimiento de forraje incrementa de manera asintótica con

incrementos en la cantidad de forraje disponible y la tasa de senescencia incrementa de manera lineal con la cantidad de forraje. Por lo tanto, la producción neta de forraje verde (crecimiento-senescencia) incrementa rápidamente hasta un máximo y luego declina lentamente con incrementos en la cantidad de forraje disponible.

El crecimiento de las pasturas depende de procesos morfogénicos, que están influenciados por condiciones ambientales (temperatura, disponibilidad de N, agua e intensidad de defoliación) y determinados genéticamente (Lemaire y Chapman, 1996).

2.5 MORFOLOGÍA DE LAS PLANTAS

Lemaire y Chapman (1996) describen la morfogénesis de la planta individual de gramínea por sus características principales: tasa de aparición de hojas (TAH; hojas macollo-1 día-1), tasa de elongación de hojas (TEH; mm de hoja macollo-1 día-1) y vida media foliar (VMF; grados día). La VMF representa el período durante el cual, después de una defoliación completa, se acumula tejidos de hojas verdes en macollos adultos individuales sin ninguna pérdida por senescencia (Lemaire y Agnusdei, 2000). Estas características están determinadas genéticamente, pero además están influenciadas por variables ambientales como la temperatura, el agua y los nutrientes disponibles. Las combinaciones de las variables morfogenéticas elementales determinan las tres principales características estructurales de la pastura tales como: i) tamaño de hoja, ii) número de hojas por macollo y iii) densidad de macollos. El producto de estas tres características de la pastura determina el índice de área foliar (IAF, Lemaire y Chapman, 1996).

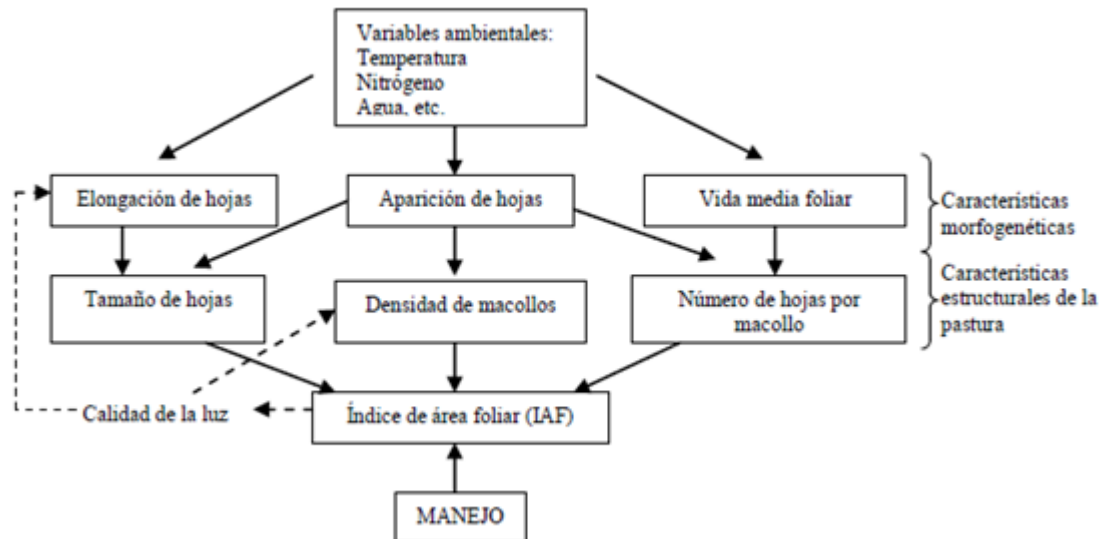


Figura No. 2. Relación entre variables morfológicas y características de estructura de la pastura

Fuente: Lemaire y Chapman (1996).

En la figura No. 2 puede observarse que la tasa de aparición de hojas (TAH) tiene influencia directa sobre los tres componentes de la estructura de la pastura. En este sentido, una especie con alta TAH tenderá a producir un gran número de hojas cortas por macollo y una alta densidad de macollos, lo que lleva a una estructura de pastura corta y densa. Por el contrario, una especie con una TAH baja tenderá a producir pocas hojas largas por macollo e inferior densidad de macollos, lo que lleva a una estructura de pastura potencialmente alta. A su vez el manejo del pastoreo tiene influencia directa en el índice de área foliar y además provoca un gran impacto en la cantidad y calidad de la luz que llega a la base del forraje, que a su vez afecta la morfogénesis y por lo tanto la estructura de la pastura (Lemaire y Chapman, 1996). Por otra parte, una especie con VMF larga y una TAH baja, como en el caso de *Festuca arundinacea*, en comparación con raigrás perenne, se puede esperar que se acumulen hojas más largas y por ende mostrar mayor capacidad de rendimiento techo (Lemaire y Agnusdei, 2000). Para la mayoría especies C3, la respuesta de la TAH a la temperatura es lineal, con un umbral aparente de temperatura entre 3 y 5 °C. Para las especies C4, la temperatura umbral es mucho más alto (8-9 °C, Lemaire y Agnusdei, 2000).

La nutrición nitrogenada de la planta puede afectar tanto la tasa de elongación de hojas (TEH) como tasa de aparición de hoja (TAH), dependiendo del tipo morfológico de la especie. Para especies cespitosas, como *Festuca arundinacea* (C3

templado) mientras que la TEH y la longitud final de la hoja aumentaron de tres a cuatro veces con la aplicación nitrógeno, la TAH solo disminuyó un 20% (Lemaire y Agnusdei, 2000), generando un aumento en el desarrollo del IAF.

Según Lemaire y Chapman (1996), la VMF puede usarse para la caracterización de las diferentes aptitudes de la especie para acumular tejidos de hojas verdes. Para *Festuca arundinacea*, la VMF promedio es de 570 grados-día, que corresponde a aproximadamente 2,5 filocrono. Conocer la vida media foliar es importante para determinar cuál es el tiempo de rebrote máximo que hay que respetar antes de su pérdida por senescencia para optimizar la cosecha de los tejidos foliares

La tasa de elongación de hojas (TEH) responde inmediatamente a cualquier cambio de temperatura. En gramíneas templadas, la curva de respuesta de la TEH a la temperatura cambia rápidamente durante la transición de vegetativo a reproductivo; así, a una temperatura similar es mayor en pasturas en estado reproductivo que en estado vegetativo (Gastal et al., 1992).

El efecto del índice de área foliar sobre la tasa de aparición de hoja podría ser explicado por el ambiente lumínico, donde existen grandes diferencias en la capacidad de respuesta entre los genotipos (Gautier y Varlet Grancher, 1999). Sin embargo en pasturas de *Lolium multiflorum* la tasa de aparición foliar no presentó diferencias durante el período de rebrote partiendo de diferentes IAF remanentes (Chapman, 2016), la misma es afectada predominantemente por la temperatura (Lemaire y Agnusdei, 2000). Estas variables morfogénicas descritas anteriormente, son unas de las responsables (porque las características edáficas también inciden) de la estructura de la pastura y caracterizan la presentación espacial de la MS para el pastoreo, tanto en la distribución horizontal como en la estructura vertical de la pastura.

La estructura de una pastura es un determinante central y característico tanto de la dinámica de crecimiento y la competencia en las comunidades de plantas sobre el comportamiento de ingestión de los animales de pastoreo (Carvalho et al., 2001).

2.6 ESTRUCTURA DE LA PASTURA

La estructura de la pastura es usualmente definida como la distribución y el arreglo de la parte aérea de las plantas en una comunidad (Laca y Lemaire, 2000). Incluye la cantidad de forraje (expresada en kg/ha) la relación hoja/vaina, la altura y densidad de la pastura (tallos/m², McGilloy et al., 1999). Además la estructura se puede describir por medio de la dimensión vertical y horizontal del forraje (Carvalho et al., 2001). Caracterizaciones de la pastura en cuanto a su estructura vertical y horizontal provee información de lo que podría ocurrir en la interacción pastura-animal y que determinarán diferentes resultados productivos. En este sentido, Carvalho et al. (2001) observaron diferentes niveles de consumo para una misma altura (cm) o masa de forraje

(kg MS/ha) siendo responsable de las diferencias la arquitectura o la calidad intrínseca de las plantas.

2.6.1 Estructura vertical

La estructura vertical está asociada a la altura del forraje y la distribución de los componentes, como lámina, tallos y material muerto, o especies en los diferentes estratos de la pastura, con variaciones en la densidad (Gordon y Benvenuti, 2006). Esta dimensión describe la distribución de las partes aéreas de las plantas y tiene influencia en patrones de intercepción de luz, mediante el posicionamiento de las hojas y es considerada como una estrategia mediante la cual las plantas pueden competir con éxito con plantas vecinas (Marriott y Carrère, 1998). La estructura vertical afecta la ingestión y selectividad de las especies o partes de la planta, mediante su disponibilidad y accesibilidad, debido a que los animales tienen mayor preferencia por mayores alturas de forraje y láminas más accesibles, lo que significa mejor oportunidad de alta ingesta, incrementando la profundidad de bocado, que a su vez es el principal determinante de la masa de bocado. El tamaño de bocado tiene la mayor influencia en el consumo, siendo la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo variables compensatorias (Carvalho, 2001).

2.6.2 Distribución horizontal de la pastura

Según Gordon y Benvenuti (2006), señalan que los principales componentes asociados a la estructura de la pastura en la dimensión horizontal pueden presentar variaciones en la densidad de los macollos, en la composición de la comunidad, en la altura y en la masa de forraje. También es un reflejo de las diferentes condiciones de suministro de recursos tróficos en el plano horizontal donde, por ejemplo, las condiciones de fertilidad y la disponibilidad de agua no son homogéneas (Carvalho et al., 2001). En las pasturas la interacción planta-animal es importante para la estructura horizontal en todas las escalas, desde la distribución de las plantas individuales hasta una escala de ecosistema pastoril que podría ser el potrero (Marriott y Carrère, 1998). En el plano horizontal al considerar las interacciones planta-animal se puede identificar como componente principal de la distribución espacial, la cantidad total de tipos de parches (Marriott y Carrère, 1998). Si bien los parches representan una escala de pastoreo animal, también refleja la variabilidad edáfica, permitiendo caracterizar la distribución horizontal del forraje. También es creada con el tiempo por el animal, donde algunos sitios de pastoreo sobre praderas tienen una mayor frecuencia que otros (Stuth, 1991). En las zonas con mayor preferencia animal, la vegetación en general es de color verde y un tapiz bajo, esencialmente compuesta por láminas, mientras que zonas con menor preferencia tienen mayor presencia de vegetación alta y material senescente. Por lo tanto, la defoliación animal selectiva genera, con el tiempo, las estructuras diferentes y éstas, a su vez, afecta a la selectividad del animal.

La intensidad de defoliación por medio del pastoreo puede afectar la estructura horizontal de la pastura a través de variaciones en el porcentaje de cada tipo de parches (altos o bajos), porcentaje de especies productivas y porcentaje de suelo descubierto. En otoño y primavera, parches bajos presentaron mayor porcentaje de trébol blanco y suelo descubierto en relación a parches altos en todas las alturas de pastoreo, esto implica el fuerte efecto de la estación del año sobre la composición de los parches (Faber, 2012). Las diferencias en valor nutritivo entre parches altos y bajos serían mínimas, debido a que la selección animal ocurrió a favor de los parches altos, los cuales son ventajosos para el animal tanto por su cantidad como en calidad de forraje durante primavera (Faber, 2012). También Marriott y Carrère (1998), señalan que el pastoreo animal puede generar zonas sin cobertura vegetal (suelo desnudo) que proporciona oportunidades para la colonización de especies, ya sea a través del crecimiento vegetativo de las especies existentes en la pastura o el crecimiento de las plántulas del banco de semillas.

La distribución de parches puede tener efectos importantes en la utilización del recurso por los animales. El comportamiento de individuos o grupos de animales en pastoreo pueden crear heterogeneidad espacial de la defoliación y permitir el desarrollo de parches de especies o grupos de especies que tienen diferentes intensidades de defoliación y frecuencias (Marriott y Carrère, 1998). La selección de forraje por los herbívoros está fuertemente afectada por el patrón de distribución horizontal de la pastura. Algunos resultados y modelos experimentales ilustran la necesidad de tomar en cuenta la heterogeneidad horizontal para explicar la variación observada en las mediciones de peso de bocado y tasa de bocado. Además, la tasa de consumo y el comportamiento ingestivo podrían estar influenciados en gran medida por las áreas seleccionadas (Laca y Lemaire, 2000). Por lo tanto variables asociadas al proceso de pastoreo de los animales en respuesta a la estructura de la vegetación explican y determinan sus niveles de producción tanto en términos de producción primaria y secundaria (Carvalho, 2001).

2.7 MANEJO DE LA INTENSIDAD DE DEFOLIACIÓN

La defoliación consiste básicamente en retirar parte de los órganos de las plantas y es principalmente caracterizado por su intensidad y su frecuencia (Gastal y Lemaire, 2015). La intensidad de pastoreo se puede manejar midiendo la altura del forraje pos-pastoreo mediante una regla graduada y determinar las relaciones entre altura y biomasa aérea de forraje tanto para el forraje disponible como para el forraje remanente (Haydock y Shaw, 1975). Los incrementos en la intensidad de defoliación, pueden obtenerse mediante aumentos en la carga animal y/o reducción en la oferta de forraje por vaca (Mattiauda et al., 2009).

El punto de partida para el diseño de sistemas de gestión de pastoreo eficientes es la curva de crecimiento de rebrote de la pastura. El nuevo crecimiento es el resultado de cada macollo en producir hojas nuevas para reemplazar las hojas que fueron

removidos por el pastoreo, lo que aumenta de manera constante la masa de forraje producido con el tiempo. El intervalo de rebrote típico en los sistemas de pastoreo de especies templadas es entre 20 y 60 días, variando dependiendo de la temperatura, la intensidad de la radiación, el agua y la disponibilidad de nutrientes (Chapman, 2016). La intensidad y frecuencia de pastoreo tienen gran efecto sobre la duración del período de rebrote, Formoso (2010) señala que cortes frecuentes (intervalos entre cortes de 30 días), originan restricciones energéticas a las plantas por falta de área foliar, que se traduce en tasas de crecimiento pos-corte muy lentas por carencia de reservas energéticas en la etapa inicial de rebrote. En general cuanto menor es la intensidad de defoliación el intervalo de tiempo para alcanzar el punto óptimo de cosecha es menor (Parsons y Chapman, 2000).

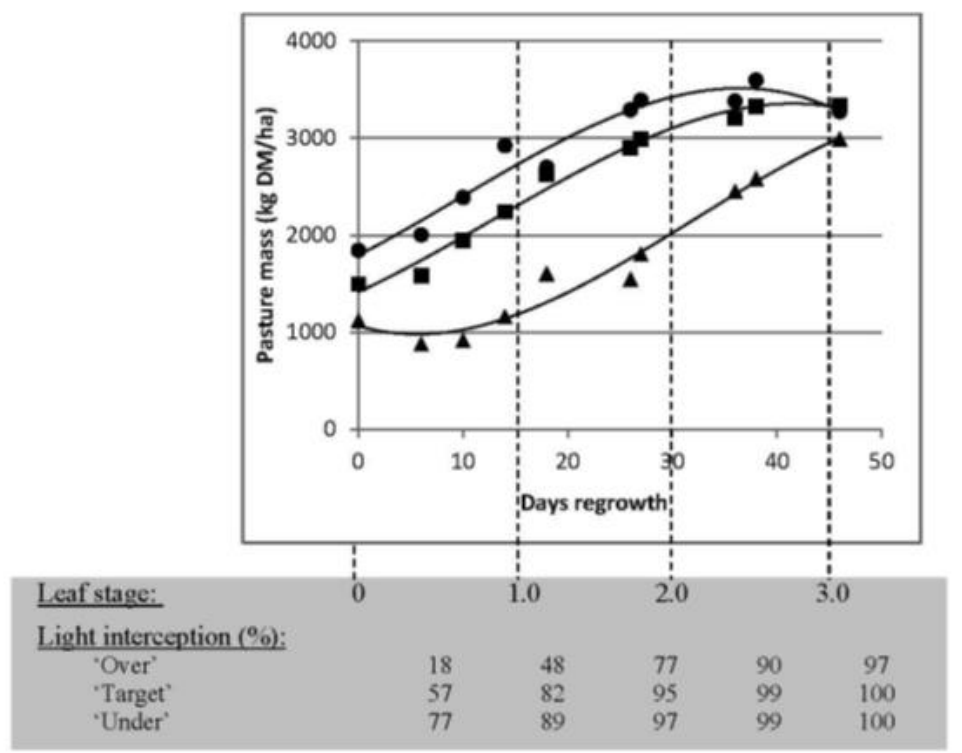
Para optimizar el rendimiento de forraje cosechable en sistemas de defoliación rotativos un análisis teórico muestra que (ver figura No. 1, Parsons y Penning, citados por Parsons y Chapman (2000)), las pasturas deberían ser cosechadas cuando la fase exponencial de acumulación de biomasa total cesa durante el rebrote, que coincide con la máxima tasa de crecimiento promedio (kg de MS acumulada por día) de la pastura durante todo el período de rebrote, pero no con la máxima tasa de crecimiento instantánea.

En general cuanto mayor es el IAF desde el cual comienza el rebrote, el intervalo de tiempo para alcanzar el punto óptimo de cosecha es menor. Cuando el IAF inicial incrementa (por ejemplo, porque la intensidad de defoliación disminuye), la máxima tasa de crecimiento promedio incrementará inicialmente, y luego decrece, reflejando la pérdida en potencial de producción debido al efecto del sombreado de altos IAF sobre la capacidad fotosintética de las hojas nuevas (Parsons y Chapman, 2000).

A partir del análisis de Parsons et al. (1988), ayuda a definir el estado residual óptimo a la que la pastura debe ser defoliada para maximizar las tasas de aprovechamiento del forraje. Ellos demostraron que cuando la defoliación deja un IAF residual muy bajo, la tasa inicial de rebrote se retrasa, debido a que la primera hoja producida post-defoliación tiene un tamaño restringido debido a la cantidad limitada de energía disponible para invertir en la lámina de esa hoja. La planta no es capaz de compensar la pérdida de la capacidad de asimilación de C y la primera hoja se ve limitado su tamaño. En esta situación, el punto de crecimiento promedio máximo se retrasa en comparación con un forraje con un mayor IAF (y, por lo tanto, una fuente más grande de asimilados actuales para la inversión en el crecimiento de hojas nuevas) queda post-defoliación. La duración del ciclo de rebrote deberá extenderse en respuesta a la defoliación severa para maximizar la obtención de forraje, pero la pérdida de rendimiento generada en la fase inicial del rebrote no puede ser compensada y la cosecha total de forraje con el tiempo será menor que en un sistema donde se deja mayor IAF residual (Chapman, 2016).

La intensidad y frecuencia de defoliación afecta la tasa de crecimiento posterior al pastoreo, pero la manera de garantizar el siguiente rebrote y determinar el intervalo o frecuencia de pastoreo, es el uso de una herramienta ecofisiológica como es el estado de hoja. Este indicador refleja la etapa de recuperación de la planta luego del pastoreo en términos de niveles de energía en la planta y también la conveniencia de la calidad del forraje para los rumiantes. Fulkerson y Donaghy (2001), proponen que una evaluación simple en pasturas de raigrás (aunque los mismos principios pueden ser aplicados para otras especies C3, como *Festuca arundinacea* del número de hojas producidas desde el evento de pastoreo anterior, llevado a cabo sobre una muestra aleatoria de 10 a 20 macollos por potrero permite a los productores rastrear el estado fisiológico de la planta durante el rebrote. En consecuencia, recomienda que el pastoreo se implemente cuando en la pastura han vuelto a crecer entre 2 y 3 hojas/macollo luego de la defoliación anterior. De esta manera proporcionará un equilibrio entre el nuevo rebrote en base a las reservas de carbohidratos no estructurales, la senescencia de las hojas viejas, y la supervivencia de las plantas.

En la figura No. 3 se presenta el crecimiento de una pastura de raigrás perenne bajo diferentes niveles de defoliación.



Referencias: 1150 kg MS/ha Over (triángulos) = “sobrepastoreo”.
 1500 kg MS/ ha Target (cuadrados) = “residuo objetivo”.
 1850 kg MS/ ha Under (círculos) = “sub-pastoreo”.

Figura No. 3. Ejemplo del crecimiento de una pastura de raigrás perenne luego de defoliaciones a tres niveles de MS remanente

Fuente: Chapman et al. (2016).

El momento de la aparición correspondiente a la primera, segunda y tercera hojas nuevas después de la defoliación, y la intercepción de luz, se muestra por debajo del eje x (Chapman et al., 2016).

En este ejemplo, el intervalo entre la aparición de nuevas hojas sucesivas en macollos fue constante durante todo el período de rebrote (intervalo aparición de hoja 15 días), por lo que no presentó diferencia en éste caso, al igual que en otros estudios (Gautier et al., 1999). Ésta es una variable que está directamente influenciada por la

temperatura y en menor medida por la nutrición N, incrementando linealmente con incrementos de la temperatura (Lemaire y Agnusdei, 2000). A menos que el pastoreo sea extremadamente severo, la velocidad a la que se producen nuevas hojas no se ve afectada, pero el tamaño (longitud y peso) de las hojas nuevas se pueden reducir mediante la defoliación intensa.

El IAF remanente afecto la intercepción de radiación solar, donde los tratamientos de mayor área foliar remanente lograron interceptar mayor porcentaje de radiación, permitiendo alcanzar el rendimiento techo en menor lapso de tiempo (Chapman, 2016), estos resultados concuerdan con Parsons y Chapman (2000) donde mencionan que después de una defoliación intensa la tasa de fotosíntesis neta de la pastura (producción bruta de forraje) es menor inicialmente, reflejando el bajo IAF inicial, y el tiempo transcurrido hasta alcanzar la máxima tasa de fotosíntesis neta es mayor. Si la defoliación es menos intensa la tasa de fotosíntesis neta es mayor inicialmente, reflejando el mayor IAF inicial, y la máxima tasa de fotosíntesis es alcanzada antes. Además en defoliaciones menos intensas, no sólo la tasa de fotosíntesis es inicialmente mayor, sino también la tasa de muerte de tejidos, y la máxima tasa de senescencia es alcanzada antes (Parsons y Chapman, 2000). La respuesta adecuada en la práctica podría ser reducir la duración del intervalo de rebrote para evitar que el rendimiento se pierda.

Mattiauda et al. (2009) realizaron estudios basados en una pastura mezcla de festuca (*Festuca arundinacea* cv. Quantum), trébol blanco (*Trifolium repens* cv. Zapicán) y (*Lotus corniculatus* cv. Ganador) reportaron que incrementos en la intensidad de pastoreo (reducciones de la altura remanente de pastoreo entre 12 y 3 cm) han provocado disminuciones en el porcentaje de festuca e incrementos en el área de suelo descubierto, encontrándose además una tendencia a disminuir la producción de forraje a mayores intensidades de pastoreo. Además la estación del año afectó en forma significativa las tasa de crecimiento, registrándose los valores mayores en la primavera 50,8 kg MS/ha/día, y para el resto de las estaciones fue de 18,2 kg MS/ha/día.

Otro estudio nacional reportado por Faber (2012) también señaló que las diferencias en la tasa de crecimiento entre tratamientos (alturas remanentes; 6, 9 y 12 puntos de plato (RPM), fueron de escasa magnitud, con una tendencia a variar con la estación del año, la cual estaría explicada principalmente por las condiciones ambientales y el estado fenológico de la especie. A pesar de ser escasas las diferencias en altura y cantidad de forraje entre tratamientos de altura de pastoreo.

Sin embargo Virkajärvi (2004), trabajando con diferentes intensidades de defoliación de pastoreo encontró un incremento lineal en la tasa de crecimiento de festuca de 19 % por incrementar la altura de pastoreo entre tres y nueve centímetros. También Zibil et al. (2016) reportaron que la aplicación de medidas de manejo controlando (15-20 cm) de altura del forraje con cobertura total del suelo al momento de

entrada y (5-7 cm) salida del pastoreo significaron en promedio 6,4 kg MS/ha/día extra producidos que en el año implican una producción extra de 2336 kg MS/ha/año, en comparación al manejo del pastoreo habitual de un grupo de productores en Uruguay.

La estructura de la pastura depende de la estación del año y de la altura de pastoreo. Esta última fue la principal determinante del porcentaje de parches altos y bajos. Reducciones en la altura de pastoreo incrementaron la proporción de parches bajos principalmente durante primavera. En dicha estación, conforme incrementó la altura de pastoreo el porcentaje de parches altos incrementó de forma lineal, mientras que en otoño únicamente el tratamiento de mayor altura remanente presentó mayor cantidad de parches altos en relación a las demás alturas de pastoreo. Además al incrementar la altura remanente se encontró un 7 % menos festuca y existió un menor porcentaje de suelo descubierto para el promedio de ambas estaciones del año (otoño y primavera, Faber, 2012).

En el mismo estudio mencionado anteriormente de Mattiauda et al. (2009), la mayor carga animal determinó menor oferta de forraje por vaca en los tratamientos más intensos, esto, junto con la reducción en la producción de forraje y el aumento de suelo desnudo se puede relacionar con mayores costos de cosecha y menor selección de forraje, lo que contribuye a explicar la reducción en la producción de leche por vaca.

Según Hodgson, citado por García (1995), el consumo animal se restringe cuando la altura de la pastura se reduce de 9 cm para vacunos. Con alturas menores el animal no tiene posibilidades físicas de cosechar la cantidad de forraje que necesita dentro del tiempo de pastoreo.

Por eso la importancia de optimizar el balance entre una cosecha suficiente de forraje que permita alimentar adecuadamente el ganado, y dejar una razonable cantidad de biomasa remanente que ayude a alcanzar con rapidez las máximas tasas de crecimiento de la pastura (Parsons y Chapman, 2000).

En general, en las estrategias de pastoreo y en descripciones de pasturas se usan variables como la altura del forraje, la cantidad de forraje (kg MS/ha) y composición botánica, las cuales no deberían describirse como promedios, ya que no reflejan la realidad a la cual se enfrentan los animales y proveen limitada información de lo que ocurre en la interacción pastura-animal, sino que se debería considerar la heterogeneidad generada por el pastoreo animal dentro de cada altura promedio, ya que tanto la estructura vertical y horizontal, como el comportamiento animal, dependen en mayor medida del tipo de parche (alto o bajo, Faber, 2012).

2.8 HETEROGENEIDAD DE LA PASTURA

Laca (2008) considera a la heterogeneidad espacial como la presencia de diferentes valores de un descriptor de vegetación dado, medido en diferentes lugares al mismo tiempo. Se puede describir por dos componentes, es decir, la variabilidad y la distribución espacial. La heterogeneidad espacial se puede describir a escala de parches. Un parche se define, como la unidad de variabilidad comúnmente encontrada dentro de una unidad de paisaje. Pueden variar en la estructura del forraje, la fenología, el valor nutritivo o incluso la composición de las especies (Bakker et al. 1983, Mott 1985, Willms et al. 1988).

La heterogeneidad espacial es escala dependiente. Por ejemplo si se considera un paisaje compuesto por dos tipos de parches. Los tipos de parches se distinguen por una diferencia en la media de una variable distribuida al azar. Si se muestrea la variable dentro de un único tipo de parche, no se encuentra ninguna heterogeneidad espacial. Sin embargo, si se mueve a una escala mayor mediante el aumento de la amplitud del muestreo para incluir ambos tipos de parches, se encuentra una gran heterogeneidad espacial (Adler et al., 2001).

La escala tiene como objetivo hacer referencia en primera instancia a la dimensión espacial y temporal en la cual el fenómeno es observado. Los procesos y patrones observados en el forraje y en los animales dependen de la escala. El ganado usualmente pastorea pasturas heterogéneas y responde a múltiples escalas de heterogeneidad de recursos (Laca, 2009). A su vez Laca y Lemaire (2000) señalan que la identificación de la escala a la cual el ecosistema muestra heterogeneidad es esencial para la identificación y el entendimiento de los procesos. Estas escalas, donde se observan decisiones de pastoreo, se presentan de forma jerárquica por Laca y Ortega (1995), Bailey et al. (1996), variando desde la planta o estación alimentaria (menor escala), pasando por la comunidad de plantas o parches hasta la escala de sistema regional (mayor escala). La estación alimentaria es un semicírculo hipotético, disponible frente al animal, que él alcanzaría sin mover sus patas delanteras (Ruyle y Dwyer, 1985).

El concepto de parche de alimentación también puede ser definido de varias maneras además de la definición de (Bakker et al. 1983, Mott 1985, Willms et al. 1988) Según Bailey et al. (1996) un parche es un agregado de estaciones alimenticias separado de otros parches por un detenimiento en la secuencia de pastoreo, cuando el animal se reorienta para una nueva ubicación. Recientemente un parche se ha definido como un área donde se observa una agregación espacial de bocados que se caracterizan por una tasa de consumo instantánea constante (Carvalho et al., 2008).

Si bien los parches reflejan en gran medida la variabilidad espacial natural dentro de cada ambiente, particularmente la variabilidad en características edáficas, ésta

variabilidad incrementa por varios procesos bióticos, siendo el pastoreo uno de los más importantes (O'Regain y Schwartz, 1995).

Además de los parches creados por el pastoreo o la deposición de nutrientes, el parche también surge de la distribución relativa y la abundancia de diferentes especies, es decir, incluso en una vegetación relativamente uniforme, los animales deberían "crear" parches solo alimentándose en sitios donde la densidad de una especie en particular excede algún umbral (Arditi y Dacoragna, 1988). Esto supone que por debajo del umbral de densidad, es energéticamente más rentable para el animal avanzar y continuar buscando otros parches (Kacelnik y Bernstein, 1988).

En el proceso de pastoreo se genera heterogeneidad porque por unidad de área reduce casi instantáneamente la cantidad de forraje por la eliminación de la mitad superior del canopeo por cada bocado. Por lo tanto, el pastoreo genera un mosaico de parches altos y bajos intercalados que son funcionalmente diferentes, plantas pastoreadas han reducido las tasas de crecimiento debido a una limitación en el área foliar, pero con el tiempo desarrollarán un canopeo de hojas jóvenes que tienen una alta capacidad fotosintética, áreas sin pastoreo pueden mantener alta área foliar, pero también tienen las hojas más viejas con tasa de asimilación de menor potencial. Dado que el crecimiento no lineal está relacionada con la masa de forraje, el crecimiento total de pastos depende de la distribución espacial específica de las áreas con y sin pastoreo (Laca, 2009).

El efecto de la intensidad de defoliación sobre el porcentaje de parches, provocó un aumento de parches altos (áreas sin pastoreo o ligeramente defoliadas) al incrementar la altura de remanente, y lo inverso ocurrió con el porcentaje de parches bajos (áreas severamente defoliados, Faber, 2012).

La intensidad de pastoreo a través de aumento en la carga animal incrementó la proporción de parches intensamente defoliados. La altura del canopeo de los parches intensamente defoliados (bajos) fue menor que aquellos parches ligeramente defoliados bajo todas las cargas animales evaluadas, lo cual indica que los animales en pastoreo crean y sostienen una heterogeneidad estructural en la pastura a través de un gradiente de carga animal. La carga animal afectó principalmente la altura de los parches ligeramente defoliados, mientras que los parches intensamente defoliados permanecieron con una altura constante de cinco centímetros (Cid y Brizuela, 1998). Además una mayor intensidad de pastoreo afecta la proporción y utilización de parches altos y bajos en el potrero, provocando una utilización más uniforme de los parches por una reducción de la selectividad de los animales (Hirata, 2002) por lo que tendería a disminuir la heterogeneidad de parches al incrementar la intensidad de pastoreo.

En presencia de la heterogeneidad, los animales pueden seleccionar parches que son mejores que la media, logrando así una velocidad de consumo más alto que en los recursos homogéneos de valor promedio igual (Laca, 2008).

2.9 HIPÓTESIS

Incrementos en la intensidad de defoliación generan menor cobertura verde del forraje, sin deprimir la tasa de crecimiento estacional.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El trabajo fue realizado en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, ubicada sobre la ruta 3, Km. 363, Facultad de Agronomía, Paysandú – Uruguay (32 ° 22' S - 58 ° 03' W) en el periodo comprendido entre el 4 de abril y el 21 de diciembre de 2017.

3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizaron 2,4 ha (0,2 ha por parcela) de una pastura a base de *Festuca arundinacea* (cv. INIA Fortuna) de 2°. año. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con 4 repeticiones espaciales y 3 tratamientos (12 parcelas).

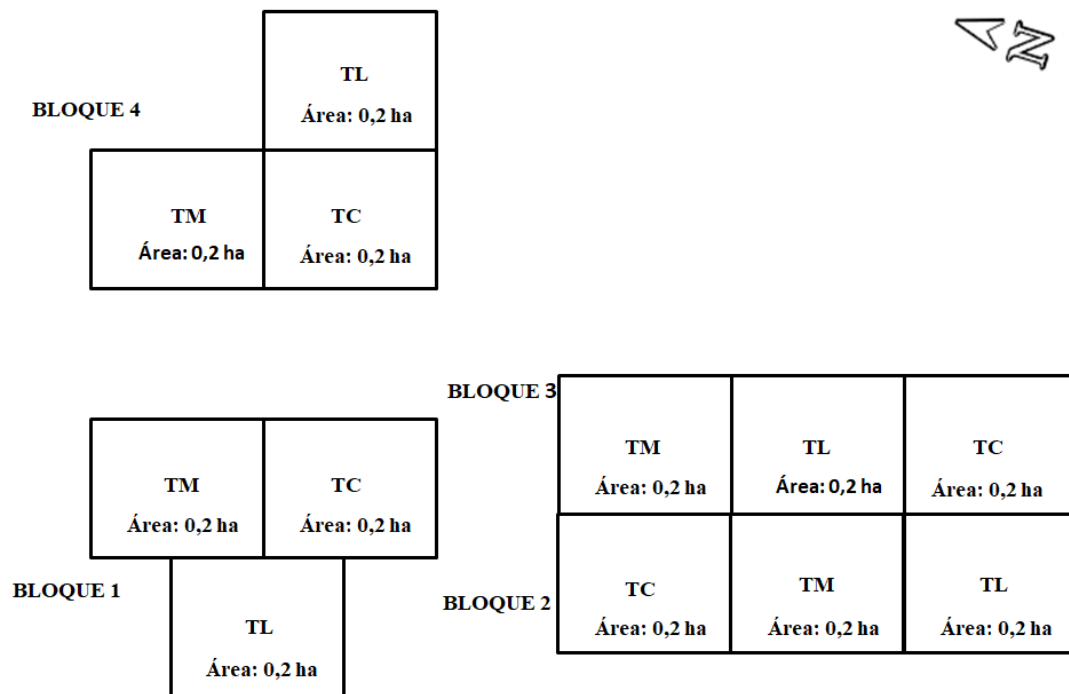


Figura No. 4. Croquis del área experimental

3.3 TRATAMIENTOS

Los tratamientos consistieron en diferentes alturas post-pastoreo de la pastura, según la estación del año. En el período otoño-invierno (O-I), comprendido entre el 5 abril y el 5 julio, los tratamientos fueron, control (TC), medio (TM) y laxo (TL) con 6, 9 y 12 cm de altura de lámina de forraje residual respectivamente. Entre el 26 julio- 29 setiembre de 2017, se realizó el control temprano de floración (CTF) en todos los tratamientos, mediante el pastoreo hasta una altura remanente de 4 cm. El período primavera-verano (P-V) comprendido entre (23 octubre - 21 diciembre) los tratamientos fueron, TC, TM y TL con 9, 12 y 15 cm de altura post-pastoreo.

Cuadro No. 1. Descripción de los tratamientos a lo largo del año

	Períodos								
	O-I				CTF		P-V		
Meses									
Tratamientos	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
TC	6 cm				4 cm		9 cm		
TM	9 cm						12 cm		
TL	12 cm						15 cm		

3.4 CONDICIONES EXPERIMENTALES

3.4.1 Suelos

El potrero 7A donde se llevó a cabo el experimento, se encuentra sobre la unidad de suelos San Manuel, formación Fray Bentos, los suelos dominantes son Brunosoles Éútricos Típicos (Háplicos) de textura limo- arcillosos, con presencia de suelos asociados Brunosoles Éútricos Lúvicos de textura limosa y Solonetz Solodizados Melánico (blanqueales), según la carta de clasificación de suelos del Uruguay 1:1.000.000. Hay que tener en cuenta que los bloques fueron agrupados sobre zonas uniformes con respecto al tipo de suelo, sorteando los blanqueales.

3.4.2 Condiciones climáticas

Las precipitaciones y las temperaturas fueron registradas a través de la estación meteorológica automática instalada en la EEMAC.

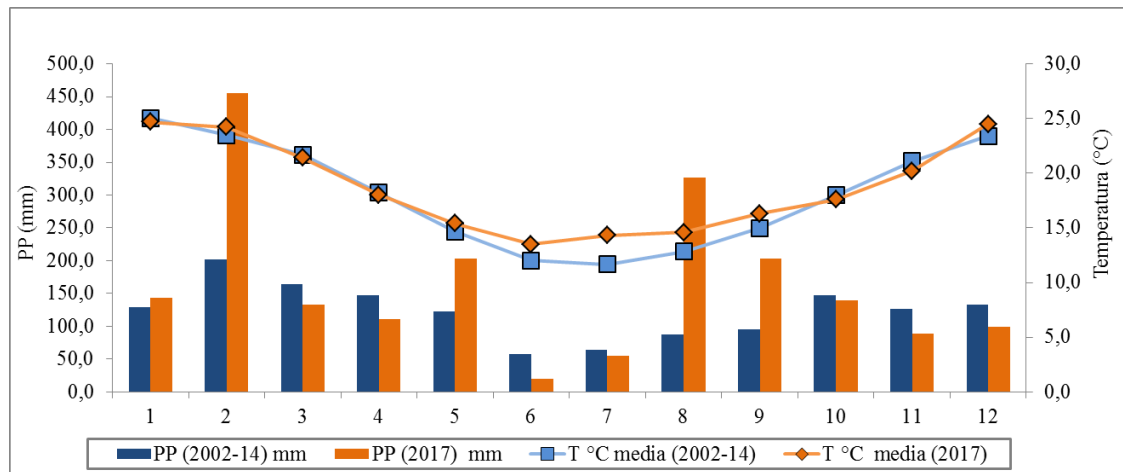


Figura No. 5. Precipitaciones y temperatura promedio del año en que se realizó el experimento y el promedio para una serie de 12 años

Durante el período experimental (4 de abril a 21 diciembre) en comparación a la media de una serie de 12 años, las temperaturas desde fines de otoño hasta setiembre estuvieron por encima de la media, siendo similar para el resto del período. En cuanto a las precipitaciones presentó gran variación a lo largo del año, donde se puede observar que a fines de invierno e inicio de primavera (setiembre) superaron la media. Para el fin del período experimental los registros de precipitaciones estuvieron por debajo del promedio.

3.4.3 Pastura

Se empleó una pastura pura de *Festuca arundinacea*, cv. INIA Fortuna, de segundo año de implantación. Labores culturales previo a la siembra y posterior, se realizó una primera aplicación de glifosato (4 l/ha) el 15 de febrero de 2016, dando comienzo al período de barbecho químico y una segunda aplicación (glifosato 2 l/ha + 0,5 l/ha flumetsulam) el 7 de mayo de 2016.

La siembra se realizó el 19 de mayo de 2016 a una densidad de 10 kg/ha. La fertilización basal fue de 100 kg/ha de 18-46-0 (fosfato de amonio) y dos días después de la siembra se volvió aplicar herbicida flumetsulam (0,5 l/ha). Por otro lado, el 18 de marzo de 2017 se aplicó aminopylarid (50cc) + 2.4-D (1 l/ha). El 13 de marzo de 2017 se realizó una fertilización con 80 kg/ha de urea, previo al inicio del experimento.

Durante el período experimental se realizaron un total de 5 fertilizaciones, las cuales se detallan en el cuadro No.2.

Cuadro No. 2. Descripción de fertilizaciones con urea (46-0-0)

	Períodos				
	O-I	CTF		P-V	
	Post- 2°. pastoreo	Post- 1°. pastoreo	Post- 2°. pastoreo	Pre- 1°. pastoreo	Post- 1°. pastoreo
Kg/ha	80	70	150	100	100
TC	12-jun.	21-ago.	05-oct.	15-oct.	27-nov.
TM	05-jun.	21-ago.	25-sep	09-oct.	07-nov.
TL	05-jun.	21-ago.	22-sep	05-oct.	06-nov.

3.4.4 Animales

Se utilizaron 36 vacas Holando de primera, segunda y tercer lactancia paridas en otoño del 2017, con un peso promedio de 620 ± 53 kg de peso vivo y $2,8 \pm 0,2$ de condición corporal (CC). Por otra parte, en el control temprano de floración se utilizaron 40 vaquillonas.

3.4.5 Manejo y alimentación

3.4.5.1 Períodos de pastoreo

Para O-I y P-V el manejo de los animales fue diferente, siendo el tiempo de pastoreo de 6 y 16 h por día respectivamente.

Cuadro No. 3. Descripción de la rutina de pastoreo

	Períodos						
	Otoño- invierno				Primavera- verano		
Meses	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Oct.	Nov.	Dic.
Tratamientos	Pastoreo: 8 am a 2 pm				Pastoreo: 8 am a 2 pm		
TC	Encierre con TMR: 5 pm a 3 am				5 pm a 3 am		
TM							
TL	Ordeñe: 4 am y 3 pm				Ordeñe: 3 am y 3 pm		

Para el O-I y el primer pastoreo del P-V, los animales ingresaron a las parcelas cuando la pastura alcanzó una altura de 18-20cm y/o el estado de 3 hojas. Para el segundo pastoreo del periodo P-V, se compararon los tratamientos a igual período de rebrote, ingresando los animales a los 35 días. La salida de los animales quedó definida por la altura remanente objetivo de cada tratamiento.

3.4.5.2 Control temprano de floración

Para el período de control de floración (CTF) se utilizaron vaquillonas para lograr una alta carga instantánea con el objetivo de alcanzar la altura remanente deseada en el transcurso de un día. El ingreso de los animales quedó determinado cuando la pastura alcanzó el estado de 2 hojas y se retiraron los animales cuando se obtuvo un remanente de 4 cm de altura.

3.5 DETERMINACIONES

3.5.1 Disponibilidad de forraje

Al ingreso y salida de los animales de las parcelas, se recorrió la pastura en zig-zag, registrando la altura de plato RPM cada dos pasos, obteniendo 75 registros por parcela. Se estimó la cantidad de forraje (kg MS/ha) a través de la calibración del plato RPM realizada cada 15 días, utilizando la técnica de doble muestreo adaptada de Haydock y Shaw (1975). Se determinaron 5 escalas de altura de plato de la pastura, representativa de las estructuras encontradas en la parcela, cada escala contó con tres repeticiones. Utilizando un cuadrante de 30*34 cm de lado, se registró la altura de lámina en 5 puntos del cuadrante y la altura de plato, se cortó la superficie del cuadrante al ras del suelo, se colocó el rótulo a la muestra. Luego fueron secadas en estufa de aire forzado a 60°C por 48 h, para determinar la materia seca. Después se estableció una regresión lineal entre la altura de plato y la cantidad de forraje disponible (kg MS/ha).

3.5.2 Altura de lámina y estado de hoja

Fuera del período de pastoreo, semanalmente se realizó el control de altura de lámina y estado de hoja de la pastura. Respetando un recorrido en zig-zag previamente establecido, se determinó 35 registros de altura de lámina por parcela con una regla graduada, siendo el criterio utilizado el de toque la hoja más alta, sin perturbar la pastura. Paralelamente se determinó el estado de hoja según (Fulkerson y Donaghy, 2001), el cual se estableció por porcentaje en escalas de 25%. Se cuantificó las hojas en crecimiento, asignándole los valores 1, 2 y 3 según el número de hojas completamente expandidas y valores intermedios de 0,25; 0,5; 0,75 según el grado de desarrollo. No se contabilizaban hojas senescentes o remanentes de pastoreos anteriores. Se realizó un promedio de las 4 parcelas correspondientes a un mismo tratamiento, tanto para altura de lámina como para estado de hoja. Permitiendo así llevar un seguimiento de la pastura y determinar el momento de ingreso de los animales.

En aquellas parcelas que estaban siendo pastoreadas, se realizaba un seguimiento de la altura de la pastura. Todos los días, previo al ingreso de los animales se medía la altura de lámina recorriendo la parcela en zig-zag (35 registros por parcela) y

así poder determinar a través de un promedio de las 4 parcelas, el momento en que se alcanzó la altura remanente objetivo de cada tratamiento.

3.5.3 Distribución horizontal

Para los períodos de O-I y P-V, al inicio y final de cada pastoreo respetando el recorrido en zig- zag, se tendió una cinta sobre cada tramo marcada cada 10 m, estableciendo 12 sitios por parcela. En cada sitio, utilizando un cuadrante de 50*20 cm se determinó:

- Altura de lámina (toque de hoja más alta sin disturbar la pastura) y vaina en 5 puntos (vértices y centro del cuadrante).
- Porcentaje de cobertura verde (CV, apreciación visual - escala 5%).
- Porcentaje de festuca (apreciación visual - escala 5%, sobre la cobertura verde).
- Porcentaje de otras especies (apreciación visual - escala 5%, sobre la cobertura verde).

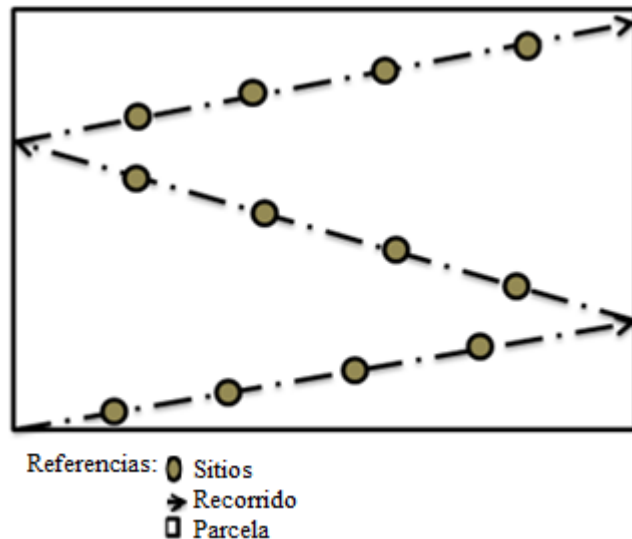


Figura No. 6. Croquis sobre recorrido en zig - zag y los 12 sitios

3.5.4 Forraje desaparecido

Se calcula como la diferencia entre los kg MS disponible y el remanente, o sea se refiere a la cantidad de materia seca desaparecida durante el pastoreo.

3.5.5 Forraje producido

El forraje producido es considerado como la diferencia entre el forraje disponible del pastoreo actual menos el forraje remanente dejado en el pastoreo anterior, ajustándose por el crecimiento durante los días de pastoreo.

3.5.6 Tasa de crecimiento

Cantidad de materia seca que se produce por día (kg MS/ha/día) en el período entre dos pastoreos. Es calculada como el forraje producido dividido entre los días en que dicha pastura no fue pastoreada.

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables altura, biomasa, cobertura verde total, cobertura verde de festuca, cobertura verde de otras especies, tasa de crecimiento, forraje desaparecido, producción estacional y anual se analizaron bajo el procedimiento Mixed de SAS, utilizando como efecto fijo el período y el tratamiento, y como efecto aleatorio parcela (bloque). Las medidas repetidas en el tiempo fueron las parcelas (bloque).

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} + P_k + (\tau * P)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y corresponde a la variable de respuesta.

μ es la media general.

τ_i es el efecto del i-ésimo tratamiento.

β_j es el efecto del j-ésimo bloque.

ε_{ij} es el error experimental.

P_k es el efecto del período.

$(\tau * P)_{ik}$ es la interacción tratamiento por período.

ε_{ijk} es el error entre mediciones.

Las medias se compararon usando el test de Tukey y los efectos se reportaron como significativos cuando p- valor $< 0,05$ y como tendencia con valores de p-valor $> 0,05$ y $< 0,1$.

4. RESULTADOS

En el cuadro No. 4 se presentan los efectos del tratamiento, período y su interacción sobre la altura del forraje, biomasa y las variables de distribución horizontal previo (entrada) y posterior (salida) al pastoreo.

Como puede observarse en el cuadro No. 4, los tratamientos se diferencian en la altura de salida. En cambio el período afectó la biomasa de entrada, también la altura y biomasa de salida. Las variables de distribución horizontal no presentaron efecto del período al momento de entrada, pero sí a la salida el período para la cobertura verde total y de otras especies.

La interacción del tratamiento por período previo al pastoreo, fue significativa solamente para la cobertura verde total y específicamente para la festuca. Post- pastoreo la interacción fue significativa para las siguientes variables: altura de regla, cobertura verde (CV) total y cobertura verde (CV) de otras especies.

Cuadro No. 4. Efecto del tratamiento realizado, el período y la interacción de tratamiento por periodo sobre la altura, la biomasa y la cobertura verde para la entrada y salida del pastoreo

		Tratamiento	Período	Trat.*per.
Entrada	Altura regla	ns	ns	ns
	Biomasa	ns	<0,05	ns
	CV total	ns	ns	<0,05
	CV festuca	ns	ns	<0,05
	CV otras especies	ns	ns	ns
Salida	Altura regla	<0,05	<0,05	<0,05
	Biomasa	ns *	<0,05	ns
	CV total	ns*	<0,05	<0,05
	CV festuca	ns	ns	ns
	CV otras especies	ns *	<0,05	<0,05

Referencias: CV = cobertura verde; Trat.*per. = tratamiento por período; ns = efecto no significativo, p<0,05 = efecto significativo al 5% (Tukey); ns* = denotan una tendencia de p<0,1.

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA PASTURA POR ALTURA Y BIOMASA

4.1.1 Efecto sobre la altura canopeo y la biomasa a la entrada

No se encontraron diferencias significativas a la entrada para las variables altura y biomasa. La altura para todo el período de evaluación en promedio fue de $15,5 \pm 0,4$; $16,5 \pm 0,4$; $16,1 \pm 0,4$ cm y la biomasa 1862 ± 88 ; 1916 ± 81 ; 2016 ± 81 kg MS/ha; para TC, TM y TL, respectivamente. Por lo tanto, las condiciones de ingreso a las parcelas fue similar entre tratamientos para las variables consideradas.

La variable altura de la pastura en el ingreso de los ciclos de pastoreo, fue similar en todas las parcelas, independiente del tratamiento o período considerado, alcanzando valores promedio de $15,7 \pm 0,4$; $16,7 \pm 0,5$; $15,7 \pm 0,4$ cm para O-I, CTF, y P-V, respectivamente. En el cuadro No. 5, puede observarse el efecto del período sobre la biomasa de entrada (p-valor < 0,0001), incrementándose la disponibilidad de la pastura en P-V en relación al periodo O-I y CTF. En cambio la altura de canopeo no presentó efecto entre período.

Cuadro No. 5. Efecto del período sobre la biomasa y altura del canopeo de entrada

Período	Entrada	
	Biomasa (kg MS/ha)	Altura canopeo (cm)
O-I	$1659,4 \pm 76,2$ b	$15,7 \pm 0,4$ a
CTF	$1505,3 \pm 88,4$ b	$16,7 \pm 0,5$ a
P-V	$2628,5 \pm 86,4$ a	$15,7 \pm 0,4$ a

Referencias: CTF = control temprano de floración; O-I = otoño- invierno; P-V = primavera- verano. Letras diferentes indican diferencias significativas por Tukey (p<0,05).

4.1.2 Efecto sobre la altura canopeo y la biomasa a la salida

La altura de salida fue significativamente diferente entre los tratamientos durante todo el período experimental (p- valor <0,0001), siendo 6,8; 8,4; 9,4 cm, para TC, TM y TL, respectivamente. No obstante, no se encontraron diferencias en la biomasa remanente (p-valor= 0,054), alcanzando valores promedios de 1231 ± 65 ; 1293 ± 61 ; 1449 ± 61 ; kg MS/ha para TC, TM y TL, respectivamente.

En el cuadro No. 6 se puede observar que las alturas de salida en O-I y P-V fueron similares. En cambio, durante el CTF se redujo significativamente la altura remanente diferenciándose de los dos periodos anteriormente mencionados. Por otra parte, la biomasa en la salida del ciclo del pastoreo, presentó el mismo comportamiento

que al ingreso, obteniendo mayores valores en primavera- verano en relación a los otros períodos.

Cuadro No. 6. Efecto del período sobre la altura y biomasa de salida

Período	Salida	
	Altura (cm)	Biomasa (kg MS/ha)
O-I	9,1 ± 0,2 a	1275,4 ± 61,4 b
CTF	5,8 ± 0,2 b	727,2 ± 70,5 c
P-V	9,8 ± 0,2 a	1970,2 ± 71,7 a

Referencias: CTF = control temprano de floración; O-I = otoño- invierno; P-V = primavera- verano. Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas por Tukey ($p < 0,05$).

En el cuadro No. 7 se puede observar que la altura de salida en el período otoño- invierno se logró diferenciar entre los tratamientos. En cambio, en primavera- verano TC se diferenció de TM y TL, no existiendo diferencia entre estos dos últimos. Por otra parte, en el CTF se logró una altura de salida similar en los tres tratamientos, alcanzando un valor promedio de $5,8 \pm 0,4$ cm (p -valor $> 0,05$).

Cuadro No. 7. Efecto del tratamiento sobre la altura de regla, biomasa de entrada y salida

Período	Trat.	Entrada		Salida	
		Altura (cm)	Biomasa (kg MS/ha)	Altura (cm)	Biomasa (kg MS/ha)
O-I	TC	15,6 ± 0,8 a	1597 ± 150 a	6,9 ± 0,4 c	1112 ± 124 a
	TM	15,7 ± 0,6 a	1674 ± 122 a	9,3 ± 0,3 b	1262 ± 96 a
	TL	15,8 ± 0,6 a	1706 ± 122 a	11,0 ± 0,3 a	1452 ± 96 a
CTF	TC	16,1 ± 0,8 a	1348 ± 160 a	5,8 ± 0,4 a	764 ± 122 a
	TM	17,0 ± 0,8 a	1557 ± 150 a	5,9 ± 0,4 a	749 ± 122 a
	TL	17,1 ± 0,8 a	1610 ± 150 a	5,7 ± 0,4 a	669 ± 122 a
P-V	TC	14,8 ± 0,8 a	2638 ± 150 a	7,9 ± 0,4 b	1817 ± 124 a
	TM	16,8 ± 0,8 a	2516 ± 150 a	10,1 ± 0,4 a	1867 ± 124 a
	TL	15,5 ± 0,8 a	2731 ± 150 a	11,4 ± 0,4 a	2226 ± 124 a

Referencias: TC = tratamiento control; TL = tratamiento laxo; tratamiento medio; CTF = control temprano de floración; O-I = otoño- invierno; P-V = primavera- verano. Letras distintas en la columna indican diferencia significativa entre tratamientos dentro de cada período por Tukey ($p < 0,05$).

4.2 CARACTERIZACIÓN SOBRE DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL

4.2.1 Distribución horizontal a la entrada

4.2.1.1 Efecto sobre la cobertura verde total

En el ingreso a la parcela la biomasa ofrecida tuvo similar cobertura verde en todas las parcelas independientemente del tratamiento y del período considerado, siendo 64 ± 3 y $63,7 \pm 2,4$ %, respectivamente. Sin embargo, la interacción del tratamiento y el período fue significativa (p-valor= 0,017). El cuadro No. 8 puede observarse que la cobertura verde fue similar en los tratamientos, $64,7 \pm 4,1$ % en O-I, pero tuvo incremento hacia primavera-verano en el tratamiento laxo (TL), siendo significativamente superior a TC.

Cuadro No. 8. Efecto de los tratamientos en cada período sobre la cobertura verde total para la entrada

Tratamiento	Cobertura verde total (%)- entrada	
	O-I	P-V
TC	$68,6 \pm 4,1$ a	$54,3 \pm 4,1$ b
TM	$62,8 \pm 4,1$ a	$60,9 \pm 4,1$ ab
TL	$62,6 \pm 4,1$ a	$72,6 \pm 4,1$ a

Referencias: TC = tratamiento control; TL = tratamiento laxo; TM = tratamiento medio; O-I = otoño-invierno; P-V = primavera- verano. Letras diferentes en la columna dentro de entrada o salida, indican diferencias significativas por Tukey (p<0,05).

4.2.1.2 Efecto sobre la cobertura verde de festuca

La proporción de festuca no tuvo diferencias entre los tratamientos y en los periodos, tomando valores de $36,3 \pm 3$; 36 ± 3 %, respectivamente. No obstante, hubo interacción entre el tratamiento y el período. Como puede observarse en el cuadro No. 9, en el período primavera -verano la proporción de festuca en el TL es superior al TC (p-valor= 0,0014).

Por otra parte, si se evalúa la evolución de CV de festuca para cada tratamiento en las diferentes estaciones, se observa que el TC es el único que disminuyó significativamente su cobertura de festuca hacia primavera- verano, mientras que el TM y TL mantuvieron las proporciones de la misma.

Cuadro No. 9. Efecto del tratamiento en cada período sobre la cobertura verde de festuca a la entrada y variación entre período para cada tratamiento

Entrada		
	Cobertura verde festuca (%)	
Tratamiento	O-I	P-V
TC	45,0 ± 4,1 a, x	25,9 ± 4,1 b, y
TM	36,9 ± 4,1 a, x	33,4 ± 4,1 ab, x
TL	32,9 ± 4,1 a, x	44,0 ± 4,1 a, x

Referencias: TC = tratamiento control; TL = tratamiento laxo; TM = tratamiento medio; O-I: otoño-invierno; P-V = primavera-verano. Letras diferentes en la columna (a, b) y en la fila (x, y), indican diferencias significativas por Tukey ($p < 0,05$).

4.2.1.3 Efecto sobre la cobertura verde de otras especies

Al igual que la CV de festuca, la proporción de CV de otras especies al momento previo del pastoreo, no mostró diferencias entre los tratamientos y en los periodos, alcanzando valores de $25,3 \pm 3$ y $27,5 \pm 3$ %, respectivamente.

4.2.2 Distribución horizontal a la salida

4.2.2.1 Efecto sobre la cobertura verde total

Al momento de salida no hubo diferencias significativas entre tratamientos sobre la CV total, $41 \pm 3,5$; $51 \pm 2,9$; $50 \pm 2,9$ % para TC, TM y TL respectivamente, pero se detectó una tendencia a aumentar la cobertura verde total entre TC y TM, p-valor = 0,07. El período afectó la CV total de salida, siendo superior el valor promedio en otoño- invierno $51 \pm 2,6$ % respecto a primavera-verano $43 \pm 2,3$ %, p -valor = 0,02.

Por otra parte, existió interacción tratamiento por período. En el cuadro No. 10 se observa que en otoño-invierno TM es superior a TC, p- valor= 0,015. Sin embargo en primavera-verano se alcanzó valores similares entre tratamientos. Respecto a la variación de CV entre período para cada tratamiento, TM es el único que presentó una disminución significativa entre O-I vs P-V.

Cuadro No. 10. Efecto del tratamiento en cada período sobre la cobertura verde de salida y variación entre período para cada tratamiento

Tratamiento	Cobertura verde total (%)- salida	
	O-I	P-V
TC	38,3 ± 5,5 b, x	43,6 ± 4,1 a, x
TM	61,0 ± 4,0 a, x	41,1 ± 4,0 a, y
TL	54,3 ± 4,0 ab, x	44,7 ± 4,1 a, x

Referencias: O-I = otoño - invierno; P-V = primavera- verano. Letras diferentes en la columna (a, b) y en la fila (x, y) indica diferencias significativas por Tukey ($p < 0,05$).

4.2.2.2 Efecto sobre la cobertura verde de festuca

La proporción de CV festuca post- pastoreo no tuvo diferencias significativas entre los tratamientos y en los períodos, alcanzó valores promedio de 27 ± 3 % y 27 ± 3 %, respectivamente. Tampoco se encontró un efecto de la interacción tratamiento por período.

4.2.2.3 Efecto sobre la cobertura verde de otras especies

En la proporción de CV de otras especies. Post-pastoreo no se constató una diferencia significativa entre los tratamientos, registrando valores promedio de 17 ± 3 ; 23 ± 3 ; 20 ± 3 %, para TC, TM y TL respectivamente. En cambio se puede observar una tendencia a incrementar las otras especies entre TC y TM p -valor = 0,08, sin diferenciarse con TL. No obstante, el período afectó la proporción de cobertura verde de otras especies, siendo superior el valor promedio en otoño- invierno 22 ± 2 % respecto a primavera-verano 18 ± 2 %, p -valor = 0,03.

En el cuadro No. 11 se puede observar la interacción tratamiento por período donde en O-I, el TC presenta menor proporción de otras especies en relación a TL y TM. Sin embargo en P-V no se apreciaron diferencias entre tratamientos. Por otra parte, si se evalúa la evolución de otras especies para cada tratamiento en las diferentes estaciones, se aprecia que TL fue el único que mostró una disminución en P-V respecto a O-I.

Cuadro No. 11. Efecto de los tratamientos en cada período sobre la cobertura verde de otras especies y la variación entre períodos para cada tratamiento a la salida

CV otras especies (%)- salida		
Tratamiento	O-I	P-V
TC	13,9 ± 3,9 b, x	20,4 ± 3,1 a, x
TM	27,4 ± 3,1 a, x	18,7 ± 3,1 a, x
TL	26,1 ± 3,1 a, x	15,2 ± 3,1 a, y

Referencias: TC = tratamiento control; TL = tratamiento laxo; TM = tratamiento medio; O-I = otoño-invierno; P-V = primavera-verano. Letras diferentes en la columna (a, b) y en la fila (x, y), indican diferencias significativas por Tukey (p<0,05).

4.3 TASA DE CRECIMIENTO

Los tratamientos no presentaron diferencias en la tasa de crecimiento (p-valor = 0,064) alcanzando valores de 28,9 ± 1,28; 28,4 ± 1,14; 25,8 ± 0,79 Kg MS/ha/día para TC, TM y TL, respectivamente. Sin embargo, como se puede observar en el cuadro No. 12, el período presentó efectos significativos sobre la variable (p-valor < 0,0001), registrándose los mayores crecimientos en P-V y los inferiores en CTF.

Cuadro No. 12. El efecto del período sobre la tasa de crecimiento promedio

Período	Tasa de crecimiento (kg MS/ha/día)
O-I	29,1 ± 1,3 b
CTF	16,6 ± 1,9 c
P-V	37,4 ± 0,9 a

Referencias: CTF = control temprano de floración; O-I = otoño- invierno; P-V = primavera- verano. Letras diferentes indican diferencias significativas por Tukey (p<0,05).

En el cuadro No. 13 se observa el efecto significativo de la interacción tratamiento por periodo (p-valor< 0,0001) donde en O-I el TC fue superior en relación a TM y TL. En cuanto al control temprano de floración el TM presento mayor crecimiento. En cambio en P-V el TL fue mayor respecto a los demás tratamientos.

Cuadro No. 13. Efecto de los tratamientos en cada período sobre la tasa de crecimiento

Tasa de crecimiento (kg MS/ha)			
	O-I	CTF	P-V
TC	40,1 ± 3,4 a	12,9 ± 4,5 ab	33,7 ± 1,6 b
TM	25,0 ± 1,5 b	26,6 ± 3,3 a	33,5 ± 1,5 b
TL	22,3 ± 1,4 b	10,2 ± 1,7 b	45,0 ± 1,5 a

Referencias: CTF = control temprano de floración; O-I = otoño- invierno; P-V= primavera- verano. Letras diferentes indican diferencias significativas por Tukey (p<0,05).

4.4 EL EFECTO DE LA INTENSIDAD DE DEFOLIACIÓN SOBRE LOS DÍAS DE RETORNO

En el cuadro No. 14, se observa que, tanto la intensidad de defoliación como el período y la interacción de ambos, afectaron significativamente los días de retorno a las parcelas.

Cuadro No. 14. El efecto del tratamiento, período e interacción tratamiento por período sobre los días de retorno

	Tratamiento	Período	Trat.*per.
Días de retorno	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Referencias: <0,05 = efecto significativo al 5% (Tukey); ns = no significativo.

Se registró un mayor tiempo de espera para ingresar a las parcelas en TC en relación a TM y TL, sin diferencias significativas entre estos dos últimos (cuadro No.15).

Cuadro No. 15. El efecto de los tratamientos sobre los días de retorno a las parcelas

Tratamiento	Días de retorno
TC	51 ± 0,9 a
TM	38 ± 0,6 b
TL	38 ± 0,6 b

Referencias: TC = tratamiento control; TL = tratamiento laxo; TM = tratamiento medio. Letras diferentes en la columna indica diferencias significativas por Tukey (p<0,05).

Con respecto al efecto del período sobre los días de retorno, el mayor tiempo de descanso se obtuvo en otoño-invierno, sin diferencias entre CTF y P-V (cuadro No.16).

Cuadro No. 16. El efecto del período sobre los días de retorno a las parcelas

Período	Días de retorno
O-I	50 ± 1,1 a
CTF	40 ± 0,7 b
P-V	38 ± 0,7 b

Referencias: CTF = control temprano de floración; O-I = otoño- invierno; P-V = primavera-verano. Letras diferentes en la columna indica diferencias significativas por Tukey (p<0,05).

En el cuadro No. 17 se aprecia la interacción tratamiento por período. El mayor valor de días de retorno o tiempo de espera registrado fue para TC en O-I y CTF, sin diferenciarse entre los tratamientos en P-V. Además TL y TM presentaron similar tiempo de espera en O-I y P-V, sin embargo TC registró menor tiempo en P-V respecto a O-I.

Cuadro No. 17. El efecto del tratamiento y período sobre los días de retorno

Días de retorno			
Tratamiento	O-I	CTF	P-V
TC	65 ± 3 b	52 ± 1 b	36 ± 1 a
TM	42 ± 1 a	34 ± 1 a	38 ± 1 a
TL	42 ± 1 a	33 ± 1 a	40 ± 1 a

Referencias: TC = tratamiento control; TM = tratamiento medio; TL = tratamiento laxo; CTF = control temprano de floración; O-I = otoño- invierno; P-V = primavera-verano. Letras diferentes indican diferencias significativas por Tukey (p<0,05).

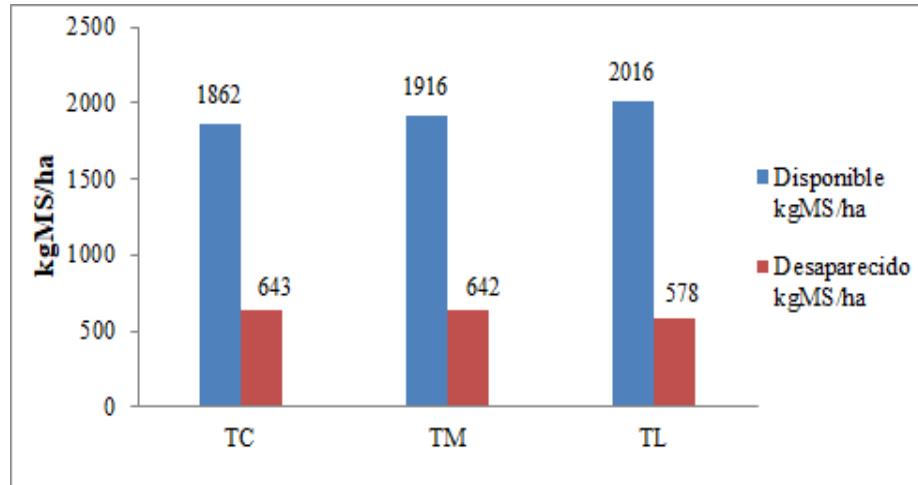
4.5 FORRAJE DESAPARECIDO

4.5.1 Forraje desaparecido en cada ciclo de pastoreo

La intensidad de pastoreo no afectó significativamente la biomasa desaparecida en cada ciclo de pastoreo p- valor = 0,40. No obstante, sí hubo efecto del período con un p-valor <0,0001 e interacción del tratamiento por período p-valor= 0,0018 en la variable de respuesta.

El forraje desaparecido promedio en cada ciclo de pastoreo, fue de 644 ± 42; 642 ± 38; 578 ± 38 kg MS/ha, para TC, TM y TL, respectivamente.

El forraje desaparecido representó en promedio el 35, 34 y 29% de la biomasa disponible para TC, TM y TL, respectivamente, en todo el periodo experimental (figura No.7).

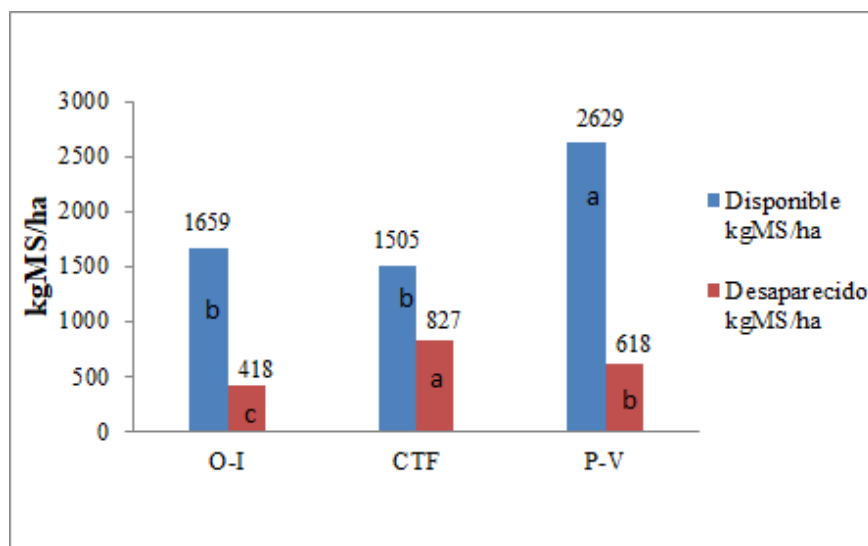


Referencias: TC = tratamiento control; TM = tratamiento medio; TL = tratamiento laxo.

Figura No. 7. Forraje disponible y desaparecido en kg MS/ha según tratamiento

En la siguiente figura No. 8 se observa que el período influyó en la cantidad de desaparecido, siendo mayor en CTF, seguido por P-V y por último O-I.

El forraje desaparecido representó en promedio el 25; 55 y 24 % de la biomasa disponible para O- I, CTF y P-V, respectivamente, en todo el período experimental (figura No.8).



Referencias: CTF = control temprano de floración; O-I = otoño- invierno; P-V = primavera-verano. Letras diferentes indican diferencias significativas por Tukey ($p < 0,05$), para una misma variable en diferente periodo.

Figura No. 8. Forraje disponible y desaparecido en kg MS/ha según período

En el cuadro No. 18 se observa que las diferentes intensidades de defoliación no presentaron efecto sobre el desaparecido en el O-I y CTF, pero mostró una interacción con el período, determinando diferencias en forraje desaparecido en P-V entre TC y TL p-valor = 0,04.

Cuadro No. 18. Efecto de la interacción tratamiento por período sobre el desaparecido

Forraje desaparecido (kg MS/ha)			
Tratamiento	O-I	CTF	P-V
TC	506 ± 79 a	617 ± 84 a	807 ± 79 a
TM	435 ± 60 a	878 ± 76 a	613 ± 79 ab
TL	312 ± 60 a	987 ± 76 a	434 ± 79 b

Referencias: TC = tratamiento control; TM = tratamiento medio; TL = tratamiento laxo; CTF = control temprano de floración; O-I = otoño- invierno; P-V = primavera-verano. Letras diferentes indican diferencias significativas por Tukey ($p < 0,05$).

4.5.2 Forraje desaparecido acumulado estacional

La intensidad defoliación afectó significativamente la biomasa desaparecida acumulada p-valor = 0,033. También hubo efecto del período con un p-valor <0,0001 e interacción del tratamiento por período p-valor = 0,0009 en la variable de respuesta.

En el cuadro No. 19 se observa que en otoño-invierno TM presentó la mayor acumulación de forraje desaparecido. Sin embargo CTF, TM y TL fueron similares entre ellos, superando a TC. Respecto a P-V no hubo diferencias significativas entre tratamientos.

Cuadro No. 19. Efecto de la interacción tratamiento por período sobre el desaparecido acumulado estacional

Forraje desaparecido (kg MS/ha)			
	O-I	CTF	P-V
TC	974,5 ± 102,5 ab	1187,1 ± 102,5 b	1660 ± 102,5 a
TM	1297,6 ± 102,5 a	1699,4 ± 102,5 a	1479,7 ± 102,5 a
TL	808,9 ± 102,5 b	1888,6 ± 102,5 a	1483,3 ± 102,5 a

Referencias: TC = tratamiento control; TM = tratamiento medio; TL = tratamiento laxo; CTF = control temprano de floración; O-I = otoño- invierno; P-V = primavera-verano. Letras diferentes indican diferencias significativas en la columna por Tukey (p<0,05).

4.5.3 Forraje desaparecido anual

En la siguiente figura No. 9 se puede observar que el tratamiento que tuvo menor producción anual fue el TC en comparación al TL y menor forraje desaparecido fue el TC, en respecto a TM.

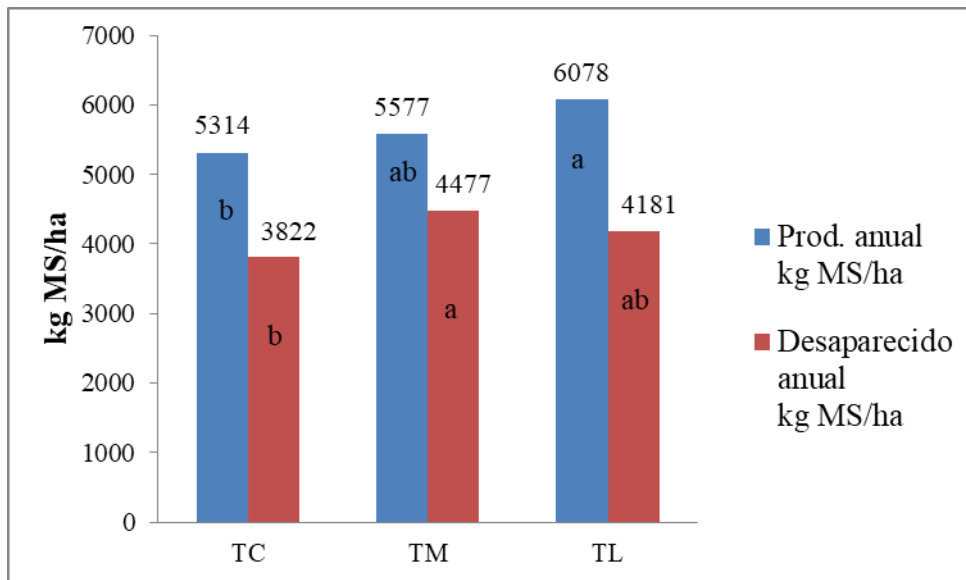


Figura No. 9. Producción anual y desaparecido en kg MS/ha según tratamiento

4.6 PRODUCCIÓN DE FORRAJE

4.6.1 Producción estacional

La producción de forraje estacional mostró efecto significativo de las diferentes intensidades de defoliación, del período y también de la interacción.

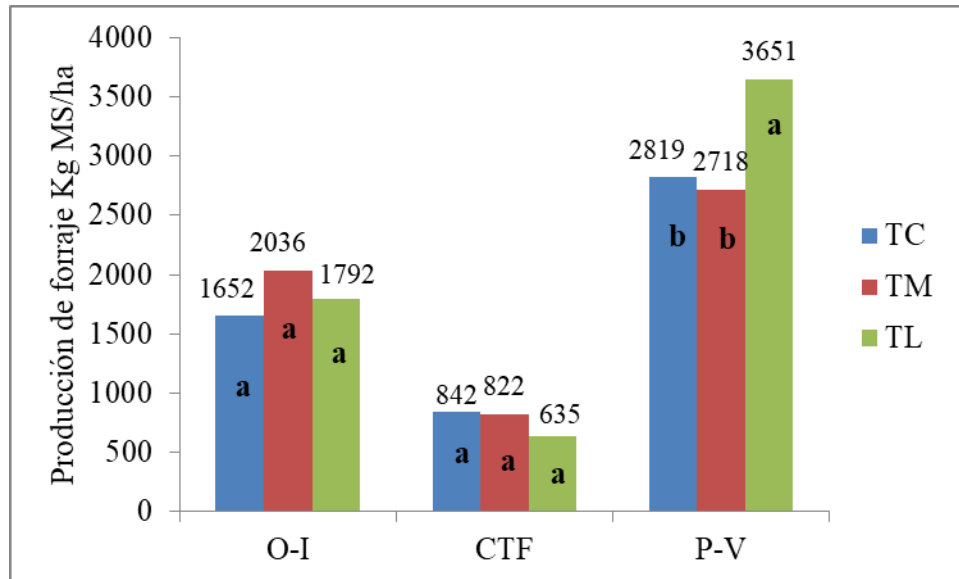
Cuadro No. 20. Efecto del tratamiento, período e interacción tratamiento por período sobre la producción de forraje estacional

	Tratamiento	Período	Trat.* per.
Producción de forraje	0,0182	<0,0001	<0,0001

Referencias: <0,05 = efecto significativo al 5% (Tukey); ns = no significativo.

En la figura No.10 se presenta la producción de forraje para los diferentes tratamientos por período, donde se puede observar que en CTF y O-I no existieron

diferencias para las diferentes intensidades de defoliación, en cambio, en P-V el TL si presentó diferencias respecto a TC y TM.

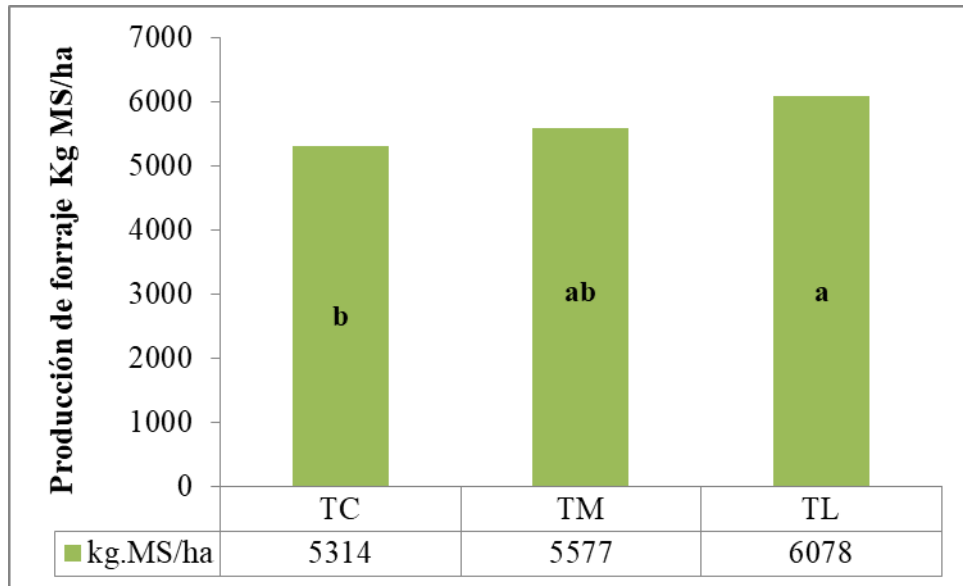


Referencias: TC = tratamiento control; TM = tratamiento medio; TL = tratamiento laxo; CTF = control temprano de floración; O-I = otoño- invierno; P-V = primavera-verano. Letras diferentes indican diferencias significativas dentro de un mismo período por Tukey ($p < 0,05$).

Figura No. 10. Producción estacional en kg MS/ha según tratamiento

4.6.2 Producción anual acumulada

La intensidad de defoliación tuvo un efecto significativo sobre la producción acumulada anual de forraje (p -valor = 0,0081). El TL fue el tratamiento que presentó la mayor acumulación de forraje en todo el experimento, superando en 500 kg MS/ha a TM y en 764 kg MS/ha a TC (figura No.11).



Referencias: TC = tratamiento control; TM = tratamiento medio; TL = tratamiento laxo; CTF = control temprano de floración; O-I = otoño- invierno; P-V = primavera-verano. Letras diferentes indican diferencias significativas por Tukey ($p < 0,05$).

Figura No. 11. Producción de forraje acumulada para el período experimental según tratamiento aplicado

5. DISCUSIÓN

5.1 EL EFECTO DE LA INTENSIDAD DE PASTOREO SOBRE LA ALTURA Y BIOMASA

La biomasa disponible fue similar entre tratamientos, siendo afectada por la estación, determinando aumentos en el forraje disponible en P-V. El fuerte impacto que tiene la estación sobre la biomasa está dado por cambios en la estructura de la pastura, presentando alargamiento de entrenudos, disminuyendo la relación lámina/tallo, lo que podría haber generado mayor porcentaje de MS hacia el final de la primavera (García, 1995).

Los tratamientos se diferenciaron en la altura remanente en O-I a través del manejo de la intensidad de defoliación. Sin embargo en P-V las alturas remanentes entre TM y TL fueron similares, diferenciándose ambos de TC. Por otra parte, las diferencias encontradas no se expresaron en la biomasa residual, presentando una tendencia (p -valor = 0,054) a incrementarse con aumentos en la altura remanente. Esto podría deberse a que las especies principalmente en el período O-I se presentan en estado vegetativo y la influencia de las bajas temperaturas, generan en las gramíneas macollos y hojas más cortas, determinando que el 66 % de la biomasa se encuentre por debajo de los 5 cm de altura, siendo inferior el aporte en porcentaje de MS por encima de esta altura (García, 1995). Además en gramíneas, la plasticidad fenotípica responde a defoliaciones frecuentes e intensas a través de una reducción en el tamaño de los macollos individuales, lo cual puede estar acompañado por un incremento en la densidad de macollos cuando las condiciones ambientales y de desarrollo de la pasturas son favorables (Deregibus, citado por Faber, 2012). Si bien se respetó la frecuencia de pastoreo, la mayor intensidad en TC pudo generar macollos más chicos siendo compensados por un mayor número de macollos. Permitiendo mantener similar biomasa residual entre tratamientos a pesar de las diferencias en altura de salida.

Los incrementos en altura remanente planteados en primavera-verano para TC, TM y TL, se expresaron en la biomasa residual estacional, también acompañado de cambios estructurales que determinaron mayor materia seca en P-V como fue mencionado anteriormente.

Los valores de biomasa residual obtenidos en O-I, fueron (1112, 1262 y 1452 kg MS/ha para TC, TM y TL, respectivamente) siendo inferiores a los reportados por Faber (2012) registrando valores de 2323, 2667 y 3052 kg MS/ha para 6, 9 y 12 puntos de plato RPM, respectivamente. Al igual que en P-V, donde también fueron inferiores siendo los valores de este experimento de (1817, 1867 y 2226 kg MS/ha para TC, TM y TL, respectivamente) contra 2533, 3083 y 3350 kg MS/ha para 6, 9 y 12, puntos de plato RPM, respectivamente obtenido por (Faber, 2012). También Mattiauda et al. (2009)

constataron valores residuales superiores a los obtenidos en este experimento trabajando con alturas similares, siendo la biomasa residual de 2166, 2787, 2935 kg MS/ha promedio anual para 6, 9 y 12 cm de remanente.

En la mayoría de los casos menos en el TC (6 cm) en el periodo O-I, se trabajó con alturas que no limitaban el consumo animal, ya que las evidencias indican que el consumo de bovinos se restringe cuando la altura de la pastura se reduce de 9 cm (Hodgson, citado por García, 1995). Con alturas menores el animal no tiene posibilidades físicas de cosechar la cantidad de forraje que necesita durante el pastoreo.

5.2 EL EFECTO DE LA INTENSIDAD DE DEFOLIACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE LA PASTURA

5.2.1 Entrada

En relación al momento previo al pastoreo las variables analizadas no presentaron efecto de los tratamientos y tampoco de la estación, existiendo sí efecto de la interacción. Determinando que en O-I los tratamientos no se diferenciaron en CV total, CV de festuca y CV de otras especies, debido a que pastoreos más intensos aumentan la iluminación del canopeo promoviendo el macollaje y la supervivencia de individuos, permitiendo ajustar la población a las condiciones ambientales y de manejo. De esta forma, el macollaje en gramíneas actúa como respuestas a las fluctuaciones en la intensidad y calidad de la luz para mantener su crecimiento y competitividad en la pastura (Nelson, citado por Angusdei, 2013).

No obstante los efectos acumulados de las diferentes intensidades de defoliación se expresaron en P-V, reflejándose en mayor CV total y CV de festuca para TL con relación a TC, presentando TM valores intermedios. A su vez la CV de otras especies no se diferenció entre tratamientos y tampoco se vio afectada por la estación. La evolución de CV de festuca mostró cambios entre períodos, presentando una reducción de 19 % para TC, sin presentar variaciones para TL y TM. Dicha disminución registrada para el pastoreo más intenso podría generar zonas de suelo desnudo, dando lugar a la aparición de otras especies productivas o malezas, afectando la productividad y la persistencia de la festuca (Jáuregui et al., 2016). Similares resultados fueron observados por Mattiauda et al. (2009) donde se redujo el porcentaje de festuca, entorno al 20 % entre el inicio y final del período evaluado para defoliaciones más intensas y se incrementó el área de suelo descubierto con alturas residuales de 3 cm con relación a 12 cm. La mayor CV total y CV de festuca expresada en TL, se podría deber a que en gramíneas templadas, el sitio de almacenamiento principal de reservas son las raíces y las vainas de las hojas (Fulkerson y Donaghy, 2001). Lo que podría permitir una reposición de nuevas hojas más rápida, que en aquellas pasturas que presentan una menor capacidad de reservas, a causa de una mayor intensidad de defoliación. Además factores ambientales como la sequía y pastoreos más severos contribuyen al deterioro de

la pastura a través del efecto en la muerte de macollos (Bahmani, citado por Faber, 2012). Esto podría ser una posible explicación, dadas las bajas precipitaciones, ocurridas en los meses de noviembre y diciembre de dicho experimento, donde fueron inferiores al promedio histórico. Sumado a la mayor intensidad de defoliación en TC, podrían haber generado una mayor muerte de macollos en relación a TL, reflejándose en la CV total y la CV de festuca.

5.2.2 Salida

Post- pastoreo las variables CV total, CV de festuca y CV de otras especies no se diferenciaron entre tratamientos, presentando efecto del período e interacción tratamiento por período. Generando diferencias en CV total entre tratamientos solamente en el período O-I, donde la mayor intensidad de defoliación (TC) determinó 23 % menos de CV total respecto a TM y sin diferenciarse significativamente de TL. En cuanto a la composición de la CV total, la proporción de festuca no presentó modificaciones, siendo similar entre tratamientos. En cambio la CV de otras especies sí se vio afectada, mostrando una menor proporción en TC respecto a TM y TL. Lo cual se podría deber a las diferencias en altura residual que determinaron menor proporción de láminas luego del pastoreo y la menor selección por parte de los animales al aumentar la intensidad de defoliación. En relación al tratamiento laxo las no diferencias respecto a los otros tratamientos en cuanto a CV total, se podría explicar por el efecto del sombreado en situaciones de defoliaciones menos intensas provocan la reducción de la relación rojo/rojo lejano que llega a la base de la pastura reduciendo el macollaje (Lemaire y Agnusdei, 2000). Además en O-I donde la radiación incidente es menor que en otras estaciones, el sombreado podría acelerar la tasa de muerte de tejido, aumentando el forraje senescente (Parsons y Chapman, 2000), afectando la proporción de CV total. No obstante, el TL igualmente tuvo un 16% más de cobertura que TC, a pesar de no ser significativas las diferencias. Estos resultados evidencian los efectos de la intensidad defoliación sobre la estructura horizontal de la pastura a través de la variación del porcentaje de especies productivas y porcentaje de suelo descubierto, en acuerdo con los resultados reportados por (Faber, 2012).

En relación a P-V, la CV total, CV de festuca y CV de otras especies no se distinguieron entre tratamientos. Esto podría deberse a la mayor presencia de macollos florecidos al disminuir la intensidad defoliación generando una inhibición en la formación de nuevos macollos, mientras que sí estos macollos son defoliados como ocurre a menor altura de pastoreo, se corta el efecto inhibitorio incrementando la formación de macollos hijos (Matthew et al., citados por Faber, 2012). En relación a esto Faber (2012), a pesar de no encontrar diferencias en tamaño y densidad de macollos entre distintos remanentes, encontró una tendencia en la variación de tamaño y densidad de macollo. Donde el número de macollos pequeños disminuyeron con incrementos en la altura de pastoreo. Mostrando el efecto de la intensidad defoliación sobre la estructura horizontal de la pastura a través del cambio en la densidad de macollos.

A pesar de la superioridad encontrada previo al entrada en TL, y la similar CV total entre tratamiento registrada a la salida, podría implicar mayor selectividad y consumo. Dado que la selectividad representa lo que el animal en pastoreo consume en un momento dado y en parte esto es resultado de las preferencias dietarias del animal por diferentes componentes de la pastura ofrecida, siendo mayor la preferencia por hojas en relación a los tallos (Chapman, citado por Faber, 2012).

5.3 EL EFECTO DE LA INTENSIDAD DE DEFOLIACIÓN SOBRE LA TASA DE CRECIMIENTO Y LOS DÍAS DE RETORNO

Las tasas de crecimiento registradas para los diferentes tratamientos fueron similares, existiendo un fuerte efecto de la estación del año e interacción tratamiento por período. Teniendo en cuenta que la tasa de crecimiento es afectada por la intensidad y frecuencia de pastoreo, la misma fue definida por la (altura y/o estado de hoja) permitiendo la suficiente acumulación de reservas y garantizando la energía necesaria para el siguiente rebrote (Fulkerson y Donaghy, 2001). La intensidad de defoliación afecta la tasa de crecimiento, donde pastoreos severos pueden generar un bajo IAF residual, provocando una disminución en la tasa de crecimiento del forraje del próximo rebrote (Parsons y Chapman, 2000), lo cual coincide con lo reportado por Virkajärvi (2004), donde el crecimiento se vio afectado con la intensidad de defoliación severa, 3cm, encontrando una disminución en la tasa de crecimiento de festuca entre 9 y 3 cm de altura remanente. En cambio Mattiauda et al. (2009), respetando la frecuencia de pastoreo (18-20 cm, altura de ingreso), no registraron diferencias en tasa de crecimiento con alturas remanente entre 3 y 12 cm. Al igual que lo reportado por Mattiauda et al. (2009), en el presente estudio no se obtuvieron diferencias entre tratamientos en tasa de crecimiento. Por lo tanto las no diferencias obtenidas entre tratamientos se podrían deben a que las diferencias en IAF residual no fueron de tal magnitud como para afectar la tasa de crecimiento y a la importancia de determinar la frecuencia por el estado ecofisiológico de la pastura. Siendo la herramienta más adecuada el estado de hoja, dado que la altura dependen de las condiciones ambientales del sitio. Por ejemplo en situaciones de adecuada humedad y aplicación de fertilizante (N), se alcanza una alta masa de forraje en el nuevo crecimiento temprano (etapa de 2 hojas). Estando lista para pastorear si se basa por la altura, sin embargo el estado de hoja de rebrote indica bajos niveles de reservas (Fulkerson y Donaghy, 2001).

Los días de retorno al igual que la tasa de crecimiento es afectada por intensidad y frecuencia de pastoreo (Formoso, 2010). Sin embargo al no constatarse diferencias en tasa de crecimiento entre tratamientos, la superioridad en días de retorno encontrada en TC en relación a TM y TL, podría corresponder a que por lo general, cuanto mayor es la intensidad de defoliación el intervalo de tiempo para alcanzar el punto óptimo de cosecha es mayor (Parsons y Chapman, 2000), debido a que parte de menor biomasa residual. Necesitando 51 días en promedio el TC para alcanzar la altura de entrada y 38 días en TM y TL.

En cuanto a las diferencias entre estaciones, en otoño-invierno la tasa de crecimiento fue inferior al período de primavera-verano, siendo de $29,1 \pm 1,3$; $37,4 \pm 0,9$ kg MS/ha/día, respectivamente. Valores similares fueron reportados por Zibil et al. (2016) para praderas mezclas, promedio otoño- invierno y primavera-verano de 20,3 y 41,5 kg MS/ha/día, respectivamente. No obstante, otros trabajos nacionales obtuvieron valores mayores en primavera, logrando 50,8 kg MS/ha/día (Mattiauda et al., 2009) y 69 kg MS/ha/día (Faber, 2012) superando notoriamente a los del presente trabajo. Aunque estos dos últimos valores no son del todo factible la comparación ya que solo toman en cuenta el crecimiento de primavera y no parte del verano (diciembre), donde la tasa de crecimiento de festuca en el período estival es baja. Existen antecedentes de evaluación de tasa de crecimiento de festuca, promedio de varios años reportados por García (2003), donde la máxima tasa de crecimiento para otoño y primavera es de 25 y 38 kg MS/ha/día respectivamente. Siendo similares estos valores con los obtenidos en el presente trabajo.

En primavera la tasa de crecimiento de forraje fue un 28,9 % superior a la de otoño, esta superioridad afecta los días de retorno a las parcelas, generando mayor tiempo de retorno en O-I, 50 días, respecto a P-V, 38 días, donde las diferencias podrían estar explicadas principalmente por las condiciones ambientales, siendo las temperaturas promedio de 15,3 y 19,6 °C en O-I y P-V, respectivamente, dado que la respuesta de la TAH y TEH aumenta al incrementar la temperatura (Lemaire y Agnusdei, 2000). Siendo el rango óptimo para el crecimiento de festuca entre 20 y 25 °C y la temperatura base es entre 3-5 °C, por lo que en O-I requiere más tiempo para acumular los grados-días (VMF, 570 grados días) necesarios para alcanzar el estado de 2,5-3 hojas/macollo e ingresar a la parcela. Además, como fue expresado por Parsons y Chapman (2000), el estado residual de la pastura o condición inicial del rebrote afectan la tasa de crecimiento y al incrementar la biomasa residual, como ocurrió en P-V, la máxima tasa de crecimiento promedio es alcanzada antes, lo cual contribuye a explicar las mayores tasas de crecimiento encontradas en este período.

Por otra parte, en el período CTF se registró la menor tasa de crecimiento, 16,6 kg MS/ha/día, que coincide con la mayor intensidad de defoliación utilizada en el período experimental (altura remanente lograda 5,8 cm). Esto se pudo deber a que se realizaron pastoreos intensos y frecuentes (2 hojas/macollo), los cuales originan restricciones energéticas en las plantas por falta de área foliar, que se traducen en tasas de crecimiento post- pastoreo muy lentas (Formoso, 2010). A su vez es de esperar un menor tiempo de retorno en este período, ya que cuanto mayor es la frecuencia de utilización, menor es el tiempo de crecimiento entre dos aprovechamientos sucesivos (Carámbula, 2010). La intensidad de defoliación en el período CTF fue igual para los diferentes tratamientos (5,8 cm), por lo que el mayor tiempo de retorno registrado en TC se podría deber al efecto residual del manejo del pastoreo en el período anterior, es decir en O-I, donde la mayor intensidad fue para el tratamiento control (6 cm altura

remanente), requiriendo mayor cantidad de días para alcanzar la altura y/o estado de hoja que determinaban el ingreso a las parcelas.

El efecto significativo de la interacción tratamiento por período no expresaron una tendencia clara a obtener mayor tasa de crecimiento al aumentar la altura residual. Obteniendo mayor tasa de crecimiento en TC en O-I, a pesar de mostrar menor altura remanente y una tendencia a menor valor de biomasa residual. Una posible explicación podría ser que en O-I la radiación incidente es menor que en otras estaciones y el mayor sombreado en tratamientos más laxos podría afectar la tasa de crecimiento del forraje (Parsons y Chapman, 2000) como fue mencionado anteriormente. Sin embargo en P-V los resultados sí concuerdan con lo mencionado por Parsons y Chapman (2000), donde expresan que al disminuir la intensidad de defoliación, el IAF inicial incrementa y la máxima tasa de crecimiento promedio aumenta. Alcanzando mayor tasa de crecimiento en TL respecto al TC para éste período.

5.4 PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y DESAPARECIDO

La producción de forraje acumulada obtenida por el efecto de los tratamientos para las diferentes intensidades de defoliación, fue superior para el tratamiento laxo (6078 kg MS/ha) con relación al tratamiento control (5314 kg MS/ha), mostrando valor intermedio TM (5577 kg MS/ha). Es decir, el manejo del pastoreo mediante defoliaciones más laxas permitió obtener mayor producción de forraje. Sin embargo, estos resultados son inferiores a lo reportado por García (2003), en pasturas de *Festuca arundinacea* de segundo año donde obtuvo valores 7270 kg MS/ha/año. No obstante, las diferencias en la producción de festuca de segundo año pueden deberse al período considerado, siendo menor en este experimento en relación al conducido por García (2003).

A pesar de las no diferencias encontradas en biomasa remanente entre tratamientos, la misma presentó una tendencia (p -valor= 0,054) a incrementar al aumentar la altura de salida, lo que podría explicar la menor producción registrada en TC. Respecto a esto Chapman (2016), señala que cuando la defoliación deja un IAF residual muy bajo, la tasa inicial del rebrote se retrasa, debido a que la primera hoja producida post-defoliación tiene un tamaño restringido debido a la limitada energía disponible para invertir en la lámina de esa hoja. La planta no es capaz de compensar la pérdida de la capacidad de asimilación de carbono, por lo que el tiempo de rebrote se deberá extender para maximizar la obtención de forraje, generando pérdida de rendimiento y menor cosecha total de forraje, comparado a un sistema que deja mayor IAF residual. En acuerdo con Chapman (2016), se obtuvo mayor tasa de crecimiento para P-V en TL respecto a TC, 45,0 y 33,7 kg MS/ha/día, respectivamente (p -valor =0,0004). Además, si se tiene en cuenta que la cantidad de pasto producido en parte está determinada por la radiación solar absorbida y esta depende de la cantidad de tejido verde (García y Fariña, 2010), permitiendo que la mayor proporción de CV total en TL

registrada en P-V captar más luz y por lo tanto producir mayor cantidad de fotosintatos destinados al crecimiento de nuevas hojas, obteniendo más materia seca. Por lo que la mayor acumulación de forraje registrada para defoliaciones más laxas, se podría deber a las diferencias en tasa de crecimiento en la estación de mayor producción de materia seca (primavera), determinando que el forraje acumulado al final del período sea superior al tratamiento control.

Por otra parte en cuanto al forraje desaparecido, en cada ciclo de pastoreo no presento diferencias significativas entre tratamientos, presentando interacción tratamiento por período lo que generó menor biomasa desaparecida para el tratamiento más laxo en P-V. Estas diferencias se podrían deber a que no se consideró la tasa de crecimiento durante los días de ocupación, las cuales podrían aumentar el forraje desaparecido en mayor magnitud en el TL respecto al TC, debido a la mayor tasa de crecimiento (45,0 vs. 33,7 kg MS/ha/día). No obstante, al considerar el forraje desaparecido acumulado durante todo el período experimental, el tratamiento de mayor intensidad de defoliación, fue el que presentó menor desaparecido, determinado por una menor producción de forraje anual y menos ciclos de pastoreo. Por lo que, la mayor intensidad de defoliación no favoreció en este caso a una mayor biomasa desaparecida. Esto podría deberse a que se respetó el criterio de ingreso de los animales a las parcelas evitando pérdidas del forraje por senescencia, lo cual muchas veces puede generar menores porcentajes de utilización por acumulación de restos secos y pérdidas en producción debido al efecto del sombreado (Carámbula, 2010).

En el período CTF se registró mayor porcentaje de biomasa desaparecida por ciclo de pastoreo en relación a los otros períodos, representando el 55 % del disponible. Este mayor porcentaje podría estar explicado por un efecto de pastoreos intensos y frecuentes con alta carga instantánea aplicados en este período, donde el menor remanente (5,8 cm) determinó una mayor diferencia entre la biomasa inicial y final, expresándose en mayor biomasa desaparecida.

6. CONCLUSIONES

El incremento en la intensidad defoliación no afectó la distribución horizontal de la pastura en cuanto a cobertura verde y tampoco sobre la tasa de crecimiento, aunque si hubo una marcada interacción tratamiento por período. El tratamiento laxo exhibió mayor cobertura verde total y mayor tasa de crecimiento durante el período primavera-verano respecto a los otros tratamientos. A partir de estos resultados se enfatiza la necesidad de un estudio más detallado que diferencien las estaciones del año debido al fuerte efecto de la interacción tratamiento por período sobre la estructura de la pastura.

Para el año analizado, la mayor producción de forraje acumulado se registró en el tratamiento laxo, con similar biomasa desaparecida respecto a los demás tratamientos. Esta mayor producción se expresó en el periodo primavera-verano, mediante mayores tasas de crecimiento, pudiendo ser una herramienta de interés dentro de los sistemas de producción. Además, el manejo del pastoreo con mayores alturas remanentes disminuyó el tiempo de retorno a las parcelas.

7. RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fue caracterizar la distribución horizontal de una pastura a base de *Festuca arundinacea* cultivar INIA Fortuna de segundo año, sometida a diferentes intensidades de defoliación y evaluar su efecto sobre la tasa de crecimiento. El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental “Don Mario A. Cassinoni” (Facultad de Agronomía, Universidad de la República; Paysandú, Uruguay) ubicada sobre la ruta nacional No.3, km 363, en el período comprendido entre 5/4/2017 al 21/12/17. El diseño experimental utilizado fue de bloques completamente al azar, comprendiendo cuatro bloques con tres tratamientos cada uno. Los tratamientos fueron Laxo, Medio y Control (TL, TM y TC). Para todos los tratamientos el criterio de inicio del pastoreo fue cuando la pastura alcanzó el estado de tres hojas y/o 18-20 cm de altura y se retiran los animales cuando se alcanzaba la altura remanente objetivo. Se hicieron determinaciones de biomasa, altura del canopeo, CV total, CV de festuca y CV de otras especies, pre (entrada) y post (salida) pastoreo. No se encontraron efectos de los tratamientos sobre la biomasa residual, presentando una tendencia a aumentar al incrementar la altura de salida. En cuanto a las variables analizadas al momento pre pastoreo en relación a la distribución horizontal como, porcentaje de CV total, CV de festuca y CV de otras especies, no se vieron afectados por los tratamientos, ni la estación, sí siendo significativa la interacción. Expresando diferencias en P-V, a través de mayor CV total y CV de festuca para defoliaciones más laxas. Además la evolución de CV de festuca mostró cambios entre periodos, presentando una reducción de 19 % para TC hacia el final del período evaluado, sin presentar variaciones para TL y TM. Respecto a la salida las variables CV total, CV de festuca y CV de otras especies tampoco fueron afectadas por los tratamientos, mostrando efecto de la estación e interacción. Presentando diferencias entre tratamientos solamente en el período O-I, donde la mayor intensidad de defoliación (TC) determinó 23 % menos de CV total respecto a TM y sin diferenciarse significativamente de TL. Las diferentes intensidades de defoliación no afectaron la tasa de crecimiento del forraje, presentando un fuerte efecto de la estación del año e interacción, lo que determinó mayor crecimiento en TL respecto a TC (45,0 vs. 33,7 kg MS/ha/día, respectivamente) en P-V. Esta superioridad en tasa, en el periodo de mayor producción de materia seca determinó mayor producción de forraje anual para este tratamiento (6078 kg MS/ha).

Palabras clave: Intensidad de defoliación; Cobertura verde; *Festuca arundinacea*.

8. SUMMARY

The main objective of this work was to characterize the horizontal distribution of a pasture based on *Festuca arundinacea*, cultivate INIA Fortuna for second year, subjected to different intensities of defoliation and evaluate its effect on the growth rate. The experiment was carried out at the Experimental Station “Don Mario A. Cassinoni” (Faculty of Agronomy, University of the Republic; Paysandú, Uruguay) located on national route No.3, km 363, in the period between 4/5/2017 to 12/21/17. The experimental design used was completely randomized blocks, comprising four blocks with three treatments each. The treatments were Laxo, Medio and Control (TL, TM and TC). For all treatments, the criterion for the beginning of grazing was when the pasture reached the state of three leaves and / or 18-20 cm high and the animals were removed when the target remaining height was reached. Biomass, canopy height, total CV, festuca CV and CV of other pre and post grazing species were made. No effects of the treatments on residual biomass were found, presenting a tendency to increase as the output height increased. As for the variables analyzed at the time of pre-grazing in relation to the horizontal distribution, as a percentage of total CV, fescue CV and CV of other species, they were not affected by the treatments, nor the season, but the interaction was significant. Expressing differences in P-V, through greater total CV and fescue CV for more lax defoliation. In addition, the evolution of fescue CV showed changes between periods, presenting a 19% reduction for CT towards the end of the period evaluated, without presenting variations for TL and TM. Regarding the output, the variables total CV, CV of fescue and CV of other species were also not affected by the treatments, showing the effect of the season and interaction. Presenting differences between treatments only in the O-I period, where the highest intensity of defoliation (TC) determined 23% less total CV compared to TM and without significantly differentiating from TL. The different intensities of defoliation did not affect the growth rate of the forage, presenting a strong effect of the season and interaction, which determined greater growth in TL compared to TC (45.0 vs. 33.7 kg DM / ha / day , respectively) in PV. This superiority in rate, in the period of greater dry matter production, determined greater annual forage production for this treatment (6078 kg DM / ha).

Keywords: Intensity of defoliation; Green cover; *Festuca arundinacea*.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Adler, P. B.; Raff, D. A.; Lauenroth, W. K. 2001. The effect of grazing on spatial heterogeneity of vegetation. *Oecologia* 128: 465-479.
2. Agnusdei, M. G. 2013. Rol de la ecofisiología en el diseño de manejos especializados de pasturas. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 21 (1): 63-78.
3. Arditi, R.; Dacorogna, B. 1988. Optimal foraging on arbitrary food distributions and the definition of habitat patches. *American Naturalist*. 131: 837-846.
4. Bailey, D.; Gross, J.; Laca, E.; Rittenhouse, L.; Coughenour, M.; Swift, D.; Sims, P. 1996. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *Journal of Range Management*. 49: 386-400.
5. Bakker, J. P.; De Leeuw, J.; Van Wieren, S. E. 1983. Micro-patterns in grassland created and sustained by sheep grazing. *Vegetation*. 55: 153-161.
6. Birchman, J. S.; Hodgson, J. 1983. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. *Grass and Forage Science*. 38: 323-331.
7. Carámbula, M. 2010. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje, Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 1, 108 p.
8. Carvalho, P. C. F.; Ribeiro Filho, H. M. N.; Poli, C. H. E. C.; De Moraes, A.; Delagarde, R. 2001. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. *In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (38ª., 2001, Piracicaba, Brasil). Anais. Piracicaba, Brasil, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. pp. 853-871.*
9. _____; Gonda, H. L.; Wade, M. H.; Mezzalira, J. C.; Amaral, M. F.; Gonçalves, E. N.; Santos, D. T.; Nadin, L.; Poli, C. H. E. C. 2008. Características estruturais do pasto e o consumo de forragem: o que pastar, quanto pastar e como se mover para encontrar o pasto. *In: Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem (2ª., 2008, Viçosa, Brasil). Anais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. pp. 101-130.*

10. Chapman, D. F; Kenny, S. N.; Beca, D.; Johnson, I. R. 2008. Pasture and forage crop systems for non-irrigated dairy farms in Southern Australia. 1. Physical production and economic performance. *Agricultural Systems*. 97: 108-125.
11. _____.; Hill, J.; Tharmaraj, J.; Beca, D.; Kenny, S.; Jacobs, J. 2014. Increasing home-grown forage consumption and profit in non-irrigated dairy systems. 1. Rationale, systems design and management. *Animal Production Science*. 54: 221–233.
12. _____. 2016. Using Ecophysiology to Improve Farm Efficiency: Application in Temperate Dairy Grazing Systems. *Forage Plant Ecophysiology*. 6 (2): 122-140.
13. Chilibroste, P. 2002. Integración de patrones de consumo y oferta de nutrientes para vacas lecheras en pastoreo durante el período otoño – invernal. In: Congreso Latinoamericano de Buiatría Buiatría (10°.), Jornadas Uruguayas de Buiatría (30as., 2002, Paysandú, Uruguay). Memorias. Paysandú, CMVP. pp. 90-96.
14. _____.; Battegazzore, G. coords. 2014. Proyecto de Producción Competitiva: informe técnico. Montevideo, CONAPROLE. 31 p.
15. _____.; Gibb, M. J.; Soca, P.; Mattiauda, D. A. 2015. Behavioural adaptation of grazing dairy cows to changes in feeding management: do they follow a predictable pattern? *Animal Production Science*. 55: 328-338.
16. Cid, M. S.; Brizuela, M. A. 1998. Heterogeneity in tall fescue pastures created and sustained by cattle grazing. *Journal of Range Management*. 51 (6): 644-649.
17. Claramunt, M.; Armand-Pilon, W.; Soca, P.; Chilibroste, P.; Carballo, C.; Motta, G.; Mattiauda, D. 2011. Defoliation intensity changes proportion of festuca arundinacea and bare soil in a mixed pasture. In: International Rangeland Congress (9th., 2011, Rosario, Argentina). Proceedings. Rosario, Argentina, s.e. p. 361.
18. Easton, H. S.; Lee, C. K.; Fitzgerald, R. D. 1994. Tall fescue in Australia and New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 37: 405-417.

19. Faber, A. 2012. Estructura espacial y selectividad de parches en pasturas de festuca alta pastoreadas a diferente altura remanente. Magister en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 87 p.
20. Formoso, F. 2010. *Festuca arundinacea*, manejo para producción de forraje y semillas. Montevideo, INIA. 192 p. (Serie Técnica no. 182).
21. Fulkerson, W. J.; Donaghy, D. J. 2001. Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 41: 261- 275.
22. García, J. A. 1995. Estructura del tapiz de las praderas. Montevideo, INIA. 9 p. (Serie Técnica no. 66).
23. _____. 2003. Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela. Montevideo, INIA. 35 p. (Serie Técnica no. 133).
24. García, S.; Fariña, S. 2010. ¿Hasta dónde intensificar en sistemas “extensivos” de producción de leche? Parte 1. Manejo de pasturas y suplementación. In: Congreso Latinoamericano de Buiatría (15^o.), Jornadas Uruguayas de Buiatría (38as., 2010, Paysandú, Uruguay). Memorias. Paysandú, CMVP. pp. 52-56.
25. Gastal, F.; Nelson, C. J.; Coutts, J. M. 1992. Role of N on leaf growth of grasses: assessment of root signal hypothesis. In: The Annual Meeting of the American Society of Agronomy (1992, Minneapolis). Proceedings. Minneapolis, American Society of Agronomy. pp. 216-271.
26. _____.; Lemaire, G. 2015. Defoliation, Shoot Plasticity, Sward Structure and Herbage Utilization in Pasture: Review of the Underlying Ecophysiological Processes. *Forage Plant Ecophysiology*. 5 (4): 183-203.

27. Gautier, H.; Varlet-Grancher, C.; Hazard, L. 1999. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. *Annals of Botany*. 83: 423–429.
28. Gordon, I. J.; Benvenuti, M. 2006. Food in 3D: How ruminant livestock interact with sward architecture at the bite scale. In: Bels, V. ed. *Feeding in domestic vertebrates: from structure to behaviour*. Oxford, CABI. pp. 263-277.
29. Haydock, K. P.; Shaw, N. H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 15: 663–670.
30. Hirata, M. 2002. Herbage availability and utilization in small-scale patches in a Bahia grass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing. *Tropical Grasslands*. 36: 13-23.
31. Hodgson, J. 1990. *Grazing management: science into practice*. New York, Longman. 203 p.
32. Jauregui, J. M.; Michelini, D. F.; Agnusdei, M. G.; Baudracco, J.; Sevilla, G. H.; Chilibroste, P.; Lattanzi, F. A. 2016. Persistence of tall fescue in a subtropical environment: tiller survival over summer in response to flowering control and nitrogen supply. *Grass and Forage Science*. 72 (3): 454-466.
33. Kacelnik, A.; Bernstein, C. 1988. Optimal foraging and arbitrary food distributions: patch models gain a lease of life. *Trends in Ecology and Evolution*. 3 (10): 251-253.
34. Laca, E. A.; Ortega, I. M. 1995. Integrating foraging mechanisms across spatial and temporal scales. In: *International Rangeland Congress (5th, 1996, Salt Lake City)*. Proceedings. Salt Lake City, s.e. pp. 129-132.
35. _____; Lemaire, G. 2000. Measurement sward structure. In: Tˆmannetje, L.; Jones, R. M. eds. *Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research*. Wallingford, CABI. pp. 103-121.

36. _____. 2008. Foraging in a heterogeneous environment: intake and diet choice. In: Herbert, H.T. P.; Van Langevelde, F. eds. Resource Ecology: spatial and Temporal Dynamics of Foraging. Davis, California, Springer. cap. 5, pp. 81-100.
37. _____. 2009. New approaches and tools for grazing management. *Rangeland Ecology Management*. 62: 407-417.
38. Lemaire, G.; Chapman, D. F. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. In: Hodgson, J.; Illius, A. W. eds. The Ecology and Management of Grazing Systems. Wallingford, CABI. pp. 3-36.
39. _____.; Agnusdei, M. 2000. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: Simpósio Internacional Grassland Ecophysiology and Ecology (1999, Curitiba, PR). Anais. Curitiba, UFPR. pp. 265-287.
40. McCallum, M.; Kirkegaard, J.; Green, T.; Cresswell, H.; Davies, S.; Angus, J.; Peoples, M. 2004. Improved subsoil macroporosity following perennial pastures. *Animal Production Science*. 44: 299–307.
41. McGilloway, D. A.; Cushnahan, A.; Laidlaw, A. S.; Mayne, C. S.; Kilpatrick, D. J. 1999. The relationship between level of swards height reduction in a rotationally grazed swards and short-term intake rates of dairy cows. *Grass and Forage Science*. 54: 116-126.
42. Marriot, C.; Carrère, P. 1998. Structure and dynamics of grazed vegetation. *Annales de Zootechnie*. 47 (5-6): 359-369.
43. Matthew, C.; Assuero, S. G.; Blak, C. K.; Sackville Hamilton N. R. 2000. Tiller dynamics of grazed swards. In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; de Moraes, A.; Carvalho, P. C. de F.; Nabinger, C. eds. Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. Wallingford, CABI. pp. 127-150.
44. Mattiauda, D.; Chilibroste, P.; Bentancur, O.; Soca, P. 2009. Intensidad de pastoreo y utilización de pasturas perennes en sistemas de producción de leche: ¿Qué niveles de producción permite y qué problemas contribuye a solucionar? In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (37^{as}., 2009, Paysandú, Uruguay). Memorias. Paysandú, CM VP. pp. 96-103.
45. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2017. Anuario estadístico agropecuario. Montevideo. 214 p.

46. Mott, J. J. 1985. Mosaic grazing-animal selectivity in tropical savannas in northern Australia. In: International Grassland Congress (15th, 1985, Kyoto, Japan). Proceedings. Kyoto, Japanese Society of Grassland Science. pp. 1129-1130.
47. O' Regain, P. J.; Schwartz, J. 1995. Dietary selection and foraging strategies of animals on rangeland. Coping with spatial and temporal variability. In: Journet, M. ed. Recent Developments in the Nutrition of Herbivores. Paris, INRA. pp. 407-423.
48. Parsons, A. J.; Johnson, I. R.; Harvey, A. 1988. Use of a model to optimize the interaction between frequency and severity of intermittent defoliation and to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. *Grass Forage Science*. 43: 49-59.
49. _____; Chapman, D. F. 2000. Grass; its production and utilization. 3rd. ed. Devon, UK, Institute of Grassland and Environmental Research. cap. 3, pp. 31-89.
50. Ruyle, G. B.; Dwyer, D. D. 1985. Feeding stations of sheep as an indicator of diminished forage supply. *Journal of Animal Science*. 61(2): 335-353.
51. Stuth, J. 1991. Foraging behavior. In: Heitschmidt, R.; Stuth, J. eds. *Grazing management: an ecological perspective*. Portland, Timber. pp. 85-108.
52. Virkajärvi, P. 2004. Growth and utilization of timothy – meadow fescue pastures. Helsinki, University of Helsinki. Department of Applied Biology. Section of Crop Husbandry. 56 p.
53. Willms, W. D.; Dormaar, J. F.; Schaalje, G. B. 1988. Stability of grazed patches on rough fescue grassland. *Journal of Range Management*. 41: 503-508.
54. Zibil, S.; Zanoniani, R., Bentancur, O.; Ernst, O.; Chilibröste, P. 2016. Control de intensidad de defoliación sobre la producción de forraje estacional y total en sistemas lecheros. *Agro Sur*. 44 (2): 45-53.