

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DE TRES DOTACIONES SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE UNA
GRAMÍNEA PERENNE EN MEZCLA CON LEGUMINOSAS**

por

**Florencia RODRÍGUEZ BELTRAMELLI
Magdalena SICILIA COCCHIARARO**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2016**

Tesis aprobada por:

Director: _____

Ing. Agr. Esp. MSc. Ramiro Zanoniani

Ing. Agr. PhD. Pablo Boggiano

Ing. Agr. MSc. David Silveira.

Fecha: 10 de junio de 2016.

Autores:

Florencia RODRIGUEZ BELTRAMELLI

Magdalena SICILIA COCCHIARARO

AGRADECIMIENTOS

En el camino que nos ha traído hasta aquí, este es el momento de dar gracias...

A nuestros padres...

A nuestros hermanos...

A nuestros sobrinos...

A nuestros amigos y familiares...

A nuestros docentes....

También queremos agradecer

A nuestro director de tesis, Ing. Agr. Esp. MSc. Ramiro Zanoniani,
Funcionario Ángel Colombino, tareas de campo.

Lic. Sully Toledo y personal de biblioteca, corrección de tesis y materiales bibliográficos.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. MEZCLAS FORRAJERAS	
2.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES QUE COMPONEN LA MEZCLA SEGÚN SU CONTRIBUCIÓN	5
2.2.1. <u>Festuca arundinacea</u>	
2.2.2. <u>Trifolium repens</u>	6
2.2.3. <u>Lotus corniculatus</u>	8
2.2.4. <u>Producción de las especies en mezcla</u>	10
2.3. MANEJO DEL PASTOREO	11
2.3.1. <u>Bases y parámetros morfofisiológicos que determinan el manejo</u>	
2.3.2. <u>Pastoreo</u>	17
2.3.2.1. Parámetros que definen el pastoreo	18
2.3.2.2. Método de pastoreo	21
2.4. COMPOSICIÓN BOTÁNICA	23
2.5. PERSISTENCIA	25
2.6. PRODUCCIÓN ANIMAL	28
2.6.1. <u>Consumo</u>	
2.6.2. <u>Interacción animal-pastura</u>	29
2.6.2.1. Características de la pastura que afectan el comportamiento animal	30
2.6.2.2. Características del animal que afectan la pastura ..	33
2.6.3. <u>Interacción pastura-animal</u>	37

3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	41
3.1. <u>CONDICIONES GENERALES DEL EXPERIMENTO</u>	
3.1.1. <u>Ubicación espacio-temporal del experimento</u>	
3.1.2. <u>Descripción del sitio experimental</u>	
3.1.3. <u>Antecedentes del área experimental</u>	42
3.1.4. <u>Diseño experimental</u>	
3.2. <u>METODOLOGÍA EXPERIMENTAL</u>	43
3.2.1. <u>Variables relevadas y calculadas</u>	
3.3. <u>HIPÓTESIS</u>	46
3.3.1. <u>Hipótesis biológica</u>	
3.3.2. <u>Hipótesis estadística</u>	
3.4. <u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u>	
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	47
4.1. <u>CARACTERIZACIÓN METEOROLÓGICA DEL PERÍODO</u> <u>EXPERIMENTAL</u>	
4.2. <u>PRODUCCIÓN DE FORRAJE</u>	50
4.2.1. <u>Forraje disponible</u>	
4.2.1.1. Cantidad de forraje disponible	
4.2.1.2. Evolución del forraje disponible.....	52
4.2.1.3. Altura del disponible	54
4.2.2. <u>Forraje remanente</u>	56
4.2.2.1. Cantidad de forraje remanente	
4.2.2.2. Evolución del forraje remanente.....	59
4.2.2.3. Altura del remanente	60
4.2.3. <u>Forraje desaparecido</u>	62
4.2.3.1. Porcentaje del desaparecido	63
4.2.4. <u>Producción de materia seca</u>	66
4.2.5. <u>Tasa de crecimiento</u>	68
4.2.6. <u>Composición botánica</u>	72
4.2.6.1. Evolución de la composición botánica	
4.2.6.2. Evolución del componente suelo descubierto.....	78
4.3. <u>PRODUCCIÓN ANIMAL</u>	79
4.3.1. <u>Ganancia media diaria y producción estacional</u>	
4.3.1.1. Invierno	
4.3.1.2. Primavera	82

4.3.2. <u>Producción por hectárea y ganancia media diaria</u>	84
4.3.2.1. Promedio para todo el experimento	
4.3.2.2. Invierno	87
4.3.2.3. Primavera	88
4.3.3. <u>Producción de carne y eficiencia de producción</u>	89
4.3.3.1. Evolución de la G.M.D. por animal	
4.3.4. <u>Eficiencia de producción</u>	90
5. <u>CONCLUSIONES</u>	93
6. <u>RESUMEN</u>	94
7. <u>SUMMARY</u>	95
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	96
9. <u>ANEXOS</u>	104

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Alturas de forraje disponible por tratamiento, según estación y totales; mínimo, máximo y desvío estándar	54
2. Alturas promedio, mínimos, máximos y desvíos estándar estacionales para la altura del forraje disponible.....	55
3. Alturas remanentes según estación, totales; mínimos, máximos y desvíos estándar	60
4. Alturas promedio, mínimos, máximos y desvíos estándar estacionales para el forraje remanente.	61
5. Materia seca desaparecida, estacional y promedio, según tratamiento	62
6. Porcentaje del desaparecido en función del disponible.....	65
7. Tasa de crecimiento estacional y promedio (kg/ha/día de MS), según tratamiento	70
8. Proporción de gramíneas, leguminosas, malezas, restos secos y suelo descubierto, según tratamiento, para el forraje remanente y disponible.....	75
9. Composición botánica promedio por tratamiento.....	77
10. Ganancias medias diarias invernales.....	79
11. Producción animal invernal por unidad de superficie en kg/ha, según tratamiento	81
12. Ganancias medias diarias primaverales	83
13. Producción animal primaveral por unidad de superficie en kg/ha, según tratamiento	83
14. Eficiencia de producción primaveral y porcentaje de la misma respecto al tratamiento de alta dotación	91

Figura No.

1. Croquis de la distribución de bloques y parcelas en el área experimental.....	43
--	----

Gráfica No.

1. Régimen térmico para el período experimental y para la serie histórica 1961-1990	48
2. Régimen de precipitaciones para el período experimental y para la serie histórica 1961-1990.....	49
3. Promedio de disponibles por tratamiento para cada estación y promedio general de los tratamientos	50
4. Evolución del forraje disponible en función de los pastoreos por tratamientos	52
5. Forraje remanente promedio por tratamiento para cada estación y promedio general de los tratamientos	57
6. Evolución del forraje remanente por tratamiento en función de los pastoreos.....	59
7. Producción de forraje (kg/ha MS) por estación y total del período experimental, según tratamiento.....	66
8. Evolución de la tasa de crecimiento según la temperatura promedio en función de los pastoreos	68
9. Evolución de la tasa de crecimiento según las precipitaciones medias en función de los pastoreos	68
10. Evolución de la composición botánica, en función de los pastoreos evaluados, para el tratamiento alta	73
11. Evolución de la composición botánica, en función de los pastoreos evaluados, para el tratamiento media	73
12. Evolución de la composición botánica, en función de los pastoreos evaluados, para el tratamiento baja	73
13. Evolución del suelo descubierto (disponibles y remanentes de cada pastoreo)	78
14. Producción animal y GMD promedio según dotación.....	84
15. Producción animal y GMD invernal según dotación	87
16. Producción animal y GMD primaveral según dotación.....	88
17. Evolución de la GMD invernal, primaveral temprana y primaveral tardía.....	90

1. INTRODUCCIÓN

La producción pecuaria es una de las más importantes del país, con una contribución del 39,8% al PBI total para el año 2014 según MGAP.DIEA (2015).

Esta producción se lleva a cabo mayoritariamente sobre sistemas extensivos sobre campo natural, pero también existen modelos intensivos que utilizan especies sembradas, dentro de las cuales una de las más importantes son las pasturas cultivadas perennes. Según MGAP.DIEA (2015) de las 16.357.000 ha totales, el 77,8% son dedicadas a la ganadería, y dentro de ésta actividad el 5,7% lo constituyen praderas cultivadas.

Este tipo de sistema ganadero intensivo conlleva un costo elevado para la empresa agropecuaria que se enmarca a su vez en una situación macroeconómica desafiante. En este contexto se considera que el estudio y análisis de la producción de las pasturas perennes es de vital importancia para poder alcanzar la mayor persistencia productiva posible de las mismas.

“La productividad y la eficiencia de los sistemas pastoriles de producción parecen ser el resultado directo de un equilibrio dinámico que mantienen los dos principales potenciales en juego: el potencial animal y el potencial pastura. La producción animal por unidad de superficie surge de una confrontación de ambos potenciales” (Viglizzo, 1981).

Es así que tiene lugar el presente experimento, en el cual el objetivo principal fue evaluar la productividad invierno-primaveral de una mezcla de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* de quinto año, en función de tres dotaciones animales (alta, media y baja). Mientras que, como objetivos específicos, se estudió la respuesta vegetal en producción de materia seca, su distribución estacional y respuesta de utilización. Conocer la evolución de la composición botánica y el enmalezamiento. También se determinó la producción animal y por último, establecer si existe alguna dotación animal que permita un balance sostenible entre la producción de forraje y la producción animal, confrontando así los potenciales pastura y animal en la búsqueda del equilibrio dinámico entre ambos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. MEZCLAS FORRAJERAS

Una mezcla forrajera se define como una población artificial formada por varias especies con características diferentes, tanto morfológicas como fisiológicas. Como resultado de esta asociación artificial de especies, y de los atributos de cada una de ellas en particular, se produce un proceso complejo de interferencias. Al instalar una pastura el propósito es lograr una mezcla mixta bien balanceada de gramíneas y leguminosas, para ello se acepta que la misma debería estar compuesta por 60 a 70% de las primeras, 20 a 30% de las segundas y 10% de malezas (Carámbula, 2010a).

Por lo general una pastura pretende producir altos rendimientos de materia seca con elevado valor nutritivo durante varios años, es importante además que la producción anual esté uniformemente distribuida (Santiñaque y Carámbula, 1981).

Las gramíneas, como columna vertebral de la pastura aportan productividad sostenida por muchos años, adaptación a una gran variedad de suelos y facilidad de mantenimiento de poblaciones adecuadas, explotación total del nitrógeno simbiótico, estabilidad en la pastura, y baja sensibilidad al pastoreo y corte. Las leguminosas por su parte se ofrecen como dadoras de nitrógeno a las gramíneas, poseedoras de alto valor nutritivo para completar la dieta animal y promotoras de fertilidad en suelos naturalmente pobres (Carámbula, 2010a).

La combinación de gramíneas con leguminosas tiene por ventaja la fijación biológica del nitrógeno. El porcentaje del nitrógeno fijado por las leguminosas de la mezcla y que es transferido a las gramíneas varía entre valores muy bajos y 75%, dependiendo de las especies involucradas (Whitehead, citado por Haynes, 1980).

Las especies pueden compensar su crecimiento frente a diferentes factores climáticos, edáficos y de manejo; manteniendo en forma más homogénea los rendimientos en determinadas épocas del año, así como también alargando el período de productividad de la pastura y confiriéndole mayor flexibilidad en su utilización (Blaser et al., 1952).

Pasturas compuestas por varias especies tienen mayor apetecibilidad que cuando se encuentran sembradas puras. También tienen la capacidad de evitar problemas nutricionales y fisiológicos como meteorismo, hipomagnesemia y toxicidad por nitratos (Carámbula, 2010a).

Harris y Lazenby (1974) sostienen que para alcanzar los máximos incrementos en el rendimiento mezclando diferentes especies con diferentes ritmos de crecimiento, no deben existir limitantes de agua ni de nutrientes disponibles, y las especies constituyentes de la mezcla no deben ser suprimidas a un nivel tal que la expresión de su crecimiento estacional potencial fuera seriamente limitado. La conclusión de que las diferencias en la periodicidad del crecimiento fuera el factor principal en alcanzar la mayor producción se extrae de la observación de que el mayor incremento en rendimiento se obtuvo siguiendo la mezcla de especies con las diferencias más contrastantes en cuanto a sus ritmos de crecimiento. Sin embargo, no se puede descartar la posibilidad de que las mezclas fueran también más capaces de utilizar recursos ambientales como por ejemplo, que fueran más eficientes en la intercepción de luz.

Muchos estudios de mezclas de pasturas han durado muy poco tiempo como para permitir a las especies que están marcadamente deprimidas durante el establecimiento, recuperarse suficientemente como para ser dominantes durante la estación más favorable para su crecimiento. Van der Bergh, citado por Harris y Lazenby (1974) sugieren que la mezcla de especies con diferentes ritmos de crecimiento puede incrementar el rendimiento anual, siempre y cuando el orden de dominancia de dichas especies cambiara durante la estación de crecimiento.

Santiñaque (1979) concluye que la combinación de especies de ciclo invernal con especies de ciclo estival fue más productiva que los respectivos monocultivos en 3,7 ton/ha por encima del promedio de las mezclas invernales y mezclas estivales. Esta superioridad de las mezclas complementarias se debió a que la combinación de especies con respuesta a los principales parámetros climáticos fue capaz de explotar en forma más eficiente el ambiente total que cada una por separado.

Bignoli y Mársico (1984), también aportan que, el período de pastoreo en las pasturas consociadas es más largo que en aquellas compuestas por una sola especie y es prácticamente durante todo el año, salvo las fluctuaciones que se producen por los cambios climáticos estacionales. La producción de forraje ocurre durante un período más largo y es marcadamente superior.

Al fijar las especies componentes de una mezcla también es importante la obtención de menores riesgos de enmalezamiento y mayor valor nutritivo del forraje, con una entrega mejor balanceada del mismo. Estos atributos permiten formar pasturas con persistencias productivas de elevada calidad. Sin embargo, cabe aclarar que cuantas más especies contiene una mezcla, es más difícil

mantener el balance entre sus componentes; diferentes condiciones llevan a la dominancia de ciertas especies en detrimento de otras (Carámbula, 2010a).

Langer (1981) agrega que con respecto a la competencia por luz en pasturas combinadas, las gramíneas son menos perjudicadas que las leguminosas, debido a que éstas no soportan baja luminosidad. El ángulo de las hojas es importante en la capacidad de competencia de las distintas especies por luz.

La competencia por luz siempre existe, ya que también ocurre dentro de una misma planta cuando una hoja sombrea a otra. Las interacciones por luz son modificadas por manejo. El sombreado lleva a la muerte de raíces de trébol blanco y lotus (Butler y McKec, citados por Haynes, 1980).

Las mezclas forrajeras pueden clasificarse como mezclas simples, conformadas por mezclas ultrasimples (una gramínea y una leguminosa del mismo ciclo), más una gramínea o leguminosa de ciclo complementario; o como complejas, formadas por varias gramíneas o leguminosas del mismo ciclo, o de ciclos complementarios (Carámbula, 2010a).

La asociación de muchas especies con requerimientos de manejo diferentes, resultan complicadas de utilizar correctamente y se aduce que este inconveniente determina menores rendimientos y persistencia en mezclas complejas (Blaser et al., Huston et al., Wardle et al., Carrillo, citados por Formoso, 2011).

La diversidad de especies en mezclas puede actuar como buffer ante extremos ambientales. En este sentido la diversidad fisiológica y fenológica en comunidades complejas potencian aspectos de complementariedad entre especies y por tanto, muchas veces cuando están juntas, realizan un uso más eficiente de los recursos del suelo, agua y luz, comparativamente con comunidades compuestas por menor número de especies (Formoso, 2011).

En cuanto al enmalezamiento, Carámbula (2010a) menciona que las distintas mezclas presentan distintos grados de enmalezamiento. Los mismos son consecuencia de incrementos sensibles que se registran en las poblaciones de dichas especies, dado fundamentalmente por el banco de semillas u órganos perennes presentes en los suelos, por el aumento de la fertilidad debido al fósforo del fertilizante y al nitrógeno de las leguminosas; pero especialmente por los espacios libres que dejan estas últimas al disminuir su población en la época estival, a medida que avanza la edad de la pastura. Estos enmalezamientos constituyen los principales focos de inestabilidad de la pastura. La intensidad y velocidad con la que se produce el proceso de infestación depende del tipo de

mezcla forrajera, a medida que aumentan los componentes perennes este efecto se registra con menor frecuencia.

A lo anterior, Santiñaque y Carámbula (1981) agregan que incluir una especie estival en una mezcla ultra simple invernal, se cubre más eficientemente el espacio en verano, frenando de esta forma el enmalezamiento.

2.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES QUE COMPONEN LA MEZCLA SEGÚN SU CONTRIBUCIÓN

“Las especies que componen la mezcla forrajera son una de las variables que afectan el comportamiento y productividad de las pasturas” (Santiñaque y Carámbula, 1981).

2.2.1. Festuca arundinacea

Se trata de una especie perenne de producción invernal precoz, hábito de crecimiento cespitoso a rizomatoso con rizomas muy cortos. Posee buena precocidad otoñal y un rápido rebrote de fines de invierno (Carámbula, 2010a).

Es una especie productiva de raíces profundas muy apropiada para suelos pesados, fértiles y húmedos. Tiene moderadamente buena resistencia a la sequía y no es muy afectada por las heladas. Es de implantación lenta; exigente y responde bien al nitrógeno y su vigor en praderas depende de un componente leguminosa vigoroso, de lo contrario se vuelve poco productiva, dura y poco palatable. Crece todo el año y durante el verano reduce el ingreso de malezas y gramíneas estivales. Se beneficia con pastoreo rotativo y tolera bien defoliaciones intensas, salvo en verano donde los pastoreos rasantes reducen su producción posterior y persistencia. El manejo de primavera debe prevenir la encañazón excesiva que los animales rechazan. Con buena implantación, fertilidad y manejo, es una especie persistente (García, 2003).

Ya que la festuca es lenta en establecerse y por tanto vulnerable a la competencia con otras especies, es mejor cuando se cultiva como única gramínea con trébol blanco. La producción del primer año es frecuentemente baja, pero la festuca manejada apropiadamente, puede persistir por muchos años. La floración ocurre relativamente temprano, y en general, el crecimiento de primavera es excelente. La mayoría de los cultivares de festuca muestran una moderadamente buena resistencia a la sequía y permanecen razonablemente verdes durante un verano seco. El crecimiento de otoño es usualmente bueno (Langer, 1994).

Snaydon, citado por García (2003) menciona que en festuca existen cambios vinculados a la edad de las pasturas, donde se producen altos rendimientos el primer año y declinan a partir del segundo, lo que continúa hasta el quinto año donde los rendimientos comienzan a aumentar. El mismo autor agrega que para esta especie las tasas de crecimiento durante el otoño-invierno del tercer año son menores que en el segundo, pero en ambos casos se alcanzan similares tasas en primavera. Es decir que al avanzar la edad la producción se reduce y la distribución del forraje se hace más primaveral. Las tasas de crecimiento para el tercer año en el verano son de 8 kg/ha/día, mientras que en otoño adoptan valores de 15 kg/ha/día, en el invierno las mismas son de 10 kg/ha/día y en primavera alcanzan el máximo valor de 40 kg/ha/día.

- Cultivar Tacuabé

Tacuabé es una variedad sintética creada en La Estanzuela para mejorar tres deficiencias agronómicas importantes que presentaba Kentucky 31, el material hasta ese entonces más usado comercialmente en el país. De acuerdo con García y Millot (1977), García (1992) los tres objetivos de mejoramiento perseguidos con relación a K31 consistieron en aumentar: el potencial de producción de forraje otoño-invernal, la persistencia productiva y la fuerza de competencia con respecto a trébol blanco. Este cultivar no presenta latencia estival.

En Uruguay los datos de la evaluación de cultivares realizados por INIA-INASE para el cultivar Tacuabé en la localidad de Salto, la más próxima al sitio experimental en el cual tuvo lugar este trabajo, muestra datos de producción de materia seca de 6283 kg/ha promedio de los años 2006 y 2007 en el primer año de vida de dicho cultivar; la producción promedio de todas las localidades evaluadas en los años 2006-2007 estuvo 7,3% por encima de la media de todos los cultivares evaluados en el mismo período y localidades (INASE, 2009). Para el tercer año de vida, Tacuabé alcanzó valores de producción de materia seca de 12.294 kg/ha para la localidad de La Estanzuela en el año 2014 (INASE, 2015).

2.2.2. Trifolium repens

Leguminosa de hábito de crecimiento estolonífero, perenne de ciclo invernal, aunque puede comportarse como anual, bienal o perenne de vida corta, dependiendo de las condiciones del verano. Posee porte rastrero, meristemas contra el suelo, índice de área foliar bajo, hojas jóvenes ubicadas en el estrato inferior y hojas maduras en el estrato superior. Se adapta mejor a suelos fértiles y húmedos, al ser susceptible a la sequía no tolera suelos

superficiales. Tiene un gran potencial de producción anual con un pico en primavera y normalmente no crece en verano. Presenta un valor nutritivo elevado a lo largo de toda la estación de crecimiento. Posee vigor inicial bajo y establecimiento lento y no tolera el sombreado. Admite pastoreos relativamente intensos y frecuentes (Carámbula, 2010a).

De todas las leguminosas forrajeras, el trébol blanco es por lejos la más importante y más ampliamente cultivada, en gran parte debido a su red postrada de estolones, sus ampliamente expandidas raíces adventicias, y la densa cobertura de sus hojas (Langer, 1994).

La plántula de trébol blanco desarrolla inicialmente una raíz pivotante y un tallo principal, pasado cierto período comienza a producir estolones que se desarrollan radialmente, los que a su vez desarrollan raíces adventicias en sus nudos. La raíz primaria normalmente muere entre el primer y el segundo año, y a partir de ese momento la sobrevivencia de la planta depende de las raíces adventicias de los estolones, las que normalmente se concentran en los primeros 15 cm del suelo. El trébol blanco puede persistir como planta anual o como perenne (García, 1995). Según Frame (2005) tiene una habilidad moderada para competir con malezas durante el establecimiento temprano de pasturas mezcla, y su habilidad mejora con el tiempo, mientras que en monocultivo tiene poca habilidad competitiva.

- Cultivar Zapicán

El cultivar Estanzuela Zapicán, clasificado como cultivar de tamaño de hoja intermedio por lo tanto posee mayor rusticidad y tolerancia al pastoreo, a diferencia de cultivares de hojas grandes. Este cultivar presenta una muy buena producción de forraje desde otoño hasta mediados de la primavera con un importante aporte en el invierno y además posee muy buena sanidad (Díaz Lago, 1996). Según Díaz Lago (1995), la distribución estacional de la vida productiva es de 12% en otoño, 23% en invierno, 53% en primavera y el restante 13% en verano; de acuerdo a datos del autor, la producción de materia seca total es de 15,1 toneladas.

La producción del segundo año obtenida a partir de la evaluación de cultivares INIA-INASE para Zapicán en 2014, en la localidad de La Estanzuela, fue de 7130 kg/ha MS. Este cultivar obtuvo una producción que se ubicó 11% por encima de la media de todos los cultivares evaluados en el mismo año (INASE, 2015).

A lo anterior, Díaz Lago (1995) aporta valores de producción para el tercer año del cultivar Zapicán de 2760 kg/ha de MS, siendo el mínimo de 0

kg/ha en verano y el máximo de 1350 kg/ha en primavera. El mismo autor publicó valores para tasas de crecimiento de este cultivar en su tercer año de vida de 42 kg/ha/día MS en primavera y de 16 kg/ha/día MS en invierno.

2.2.3. Lotus corniculatus

Se trata de una especie perenne estival, de hábito de crecimiento a partir de corona y porte erecto a decumbente (según cultivares) que se adapta a un rango muy amplio de suelos secos y presenta un sistema radicular pivotante profundo. Ofrece buen potencial de producción primavero-estivo-otoñal. Presenta un elevado valor nutritivo que declina poco en pleno verano con la madurez. Posee susceptibilidad alta a enfermedades de raíz y corona, mostrando una estacionalidad más marcada a medida que envejece (Carámbula, 2010a).

Se adecúa a diferentes condiciones y tipos de suelo, como de pH ácido y bajo contenido de fósforo. Presenta otras características positivas tales como la ausencia de riesgo de meteorismo, su alto valor nutritivo, y su capacidad de resiembra (Altier, 1997).

De acuerdo con Díaz Lago (1995) el lotus tiene una distribución estacional de materia seca en toda su vida productiva de 12% en otoño, 14% en invierno, 49% en primavera y 25% en verano; mientras que el total de materia seca producida es de 21,5 toneladas. Zanoniani y Ducamp (2004) agregan que si bien no presenta reposo invernal, su producción es altamente dependiente de las condiciones del año en esta estación.

La persistencia de un cultivo de lotus depende de dos mecanismos básicos: la longevidad de cada planta individual y la aparición de nuevas plantas por resiembra. Respecto a la resiembra natural, ésta puede ser importante en algunos casos pero en general es bastante errática (García, 1992).

Si bien el lotus se considera una leguminosa perenne de vida larga, una de sus limitantes más frecuente es su baja persistencia. Es común observar una marcada declinación productiva en cultivos de lotus luego del segundo verano (Formoso, 1993).

Según Frame (2005) su habilidad para competir con malezas es baja en etapas tempranas de establecimiento, aumentando la misma si se encuentra en mezclas; aunque la competitividad mejora con el desarrollo de la canopia, por lo tanto en la primavera temprana (antes de que se desarrolle la canopia) la invasión de malezas también representa una amenaza.

Esta especie presenta como característica fundamental, el alargamiento en altura de los entrenudos, formando lo que se conoce como tallo erecto; esto determina que la defoliación retire no solamente folíolos, sino también meristemos apicales y axilares; a su vez este crecimiento determina que las hojas más nuevas se encuentren en la parte superior, por lo tanto el rebrote es en gran parte dependiente de las reservas acumuladas previamente, si bien su capacidad de almacenar reservas es baja (Zanoniani y Ducamp, 2004).

Formoso et al., citados por Zanoniani y Ducamp (2004) destacan como fundamental el manejo de la frecuencia e intensidad de pastoreo, indicando que manejos muy frecuentes (alturas previas 10- 12 cm), y muy intensos (3 cm), determinan muy baja producción y longevidad de las plantas, siendo el manejo realizado en verano el determinante de disminuir la persistencia de las plantas. En estas condiciones, la disminución de la intensidad de corte a 6 cm y de la frecuencia a 20 cm, permitirían un mejor comportamiento productivo.

- Cultivar San Gabriel

El cultivar San Gabriel representa a las variedades de hoja ancha, posee porte erecto a semi-erecto; es de floración temprana y pertenece al tipo europeo. En Uruguay, este cultivar se caracteriza por presentar una buena capacidad de producción de forraje durante todo el año. El período invernal es de menor potencial de producción, lo que se explica por las temperaturas sub-óptimas para la fotosíntesis neta de la especie y por mecanismos de latencia (Formoso, 1993).

Según Zanoniani y Ducamp (2004) el cultivar San Gabriel a pesar de poseer menor capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico que otras leguminosas, puede considerarse como muy buena la cantidad total fijada, siendo la misma de 27 kg N/tonelada de materia seca de leguminosa, siendo 8,4% menor a la fijación del trébol blanco Zapicán.

De acuerdo con la evaluación de cultivares realizada en el convenio INIA-INASE, el cultivar San Gabriel en su primer año tuvo producciones promedio para 2006 y 2007 en la localidad de Salto de 9125 kg/ha MS y una media de 7120 kg/ha MS en el promedio de todas las localidades evaluadas en dichos años. En el 2014 para su segundo año de vida, la producción obtenida fue de 13.817 kg/ha MS (INASE, 2015).

Según Díaz Lago (1996) el cultivar San Gabriel en su cuarto año de vida tiene tasas de crecimiento máximas en primavera-verano de 30 kg/ha/día de MS y mínimas en otoño-invierno de 10 kg/ha/día de MS, produciendo un total de 4144 kg/ha MS en el cuarto año.

2.2.4. Producción de las especies en mezcla

A continuación se presentan datos obtenidos en diferentes experimentos para mezclas forrajeras en diferentes años, a modo de referencia acerca del comportamiento de las especies anteriormente descriptas.

Santiñaque (1979) en Colonia midió el comportamiento de 14 mezclas diferentes. Para la mezcla de festuca y trébol blanco obtuvo 897 kg/ha MS en invierno y 2810 kg/ha MS en primavera del tercer año y produciendo un total anual de 3943 kg/ha MS (no incluye verano). Esta primera mezcla fue la de mayor productividad de todas las mezclas simples evaluadas en el transcurso del experimento. Otra mezcla de festuca, trébol blanco, *Paspalum notatum* y lotus produjo 654 kg/ha MS en invierno y 3604 kg/ha MS en primavera del tercer año; mientras que en el total del mismo año sin el verano se obtuvieron 4380 kg/ha MS; en este caso la mezcla fue la de mayor productividad del experimento. En este ensayo los cortes se realizaron en forma simultánea en todas las parcelas de forma mecánica cuando la altura promedio llegaba a 20 – 25 cm y dejando un rastrojo de 5 cm.

Carámbula (1991) registra valores de 4 ton/ha para la producción anual de una pradera de trébol blanco, lotus y raigrás de cuarto año, en el mismo año se produjeron 520 kg/ha en el invierno y 2400 kg/ha en la primavera.

Por otra parte, Formoso (2010, 2011) trabajando sobre una pradera permanente de festuca, trébol blanco y lotus, midió productividades de 7200 kg/ha de materia seca para el cuarto año de producción y de 5900 kg/ha para el quinto año. Mientras que para una pradera de festuca, trébol blanco, lotus y *Paspalum notatum* del tercer año registró una producción total de 8630 kg/ha MS.

Arenares et al. (2011) sobre una pradera de segundo año de la misma composición que el presente experimento, obtuvieron valores de 1,6 ton/ha en invierno y 4 ton/ha en la primavera. Mientras que en una pradera de condición similar, pero sin *Paspalum notatum*, los resultados fueron de 2 ton/ha para la primavera y 2,5 ton/ha para el invierno.

Folgar y Vega (2013) trabajando sobre la misma pastura en la que se realiza el presente experimento, cuando se encontraba en su tercer año de producción, obtuvieron valores en el rango de 6300 a 7300 kg/ha MS total en el período de estudio, con una distribución de 53% en primavera y 47% en invierno.

2.3. MANEJO DEL PASTOREO

2.3.1. Bases y parámetros morfofisiológicos que determinan el manejo

Chapman y Lemaire (1993) definen la morfogénesis de las plantas como la dinámica de su generación y expansión en el espacio, esto incluye las tasas de aparición y expansión de nuevos órganos y tasas de senescencia y descomposición; todos estos procesos conducen a la acumulación de biomasa y a su vez son influenciados por variables ambientales. La morfogénesis a nivel de planta individual es referida a una unidad autotrófica de crecimiento, como el macollo en gramíneas y el tallo o el estolón en leguminosas. En el mismo trabajo, los autores afirman que, si bien la actividad morfogénica puede ser analizada en la unidad de crecimiento, en una escala superior, a nivel de la pastura, requiere el conocimiento de interacciones competitivas y respuestas a la remoción de hojas.

- Morfofisiología de la defoliación

Desde el punto de vista de la relación pastura-animal, las plantas forrajeras se diferencian de otros vegetales herbáceos por la gran capacidad para rebrotar luego del corte o pastoreo de una importante porción de su biomasa aérea. Esta cualidad de las plantas forrajeras obedece a la presencia de distintos mecanismos especializados que pueden actuar en forma independiente o combinados entre sí (Marchegiani, 1985).

La defoliación puede iniciar a una reducción transitoria en la velocidad de producción de macollos (Del Pozo, 1963), posiblemente su efecto más intenso es sobre el crecimiento y actividad radicular (Klepp, citado por Milthorpe y Davidson, 1975); se ha observado una detención o marcada reducción en el crecimiento radicular, a menudo acompañada de descomposición después de una defoliación (Oswelt, citado por Milthorpe y Davidson, 1975).

Alcock, citado por Milthorpe y Davidson (1975), mencionan tres componentes para explicar la respuesta de las pasturas a la defoliación: 1) la cantidad y re-utilización de los carbohidratos de reserva; 2) el efecto en el crecimiento de las raíces y 3) el desarrollo del área foliar y la intercepción de luz.

El sistema más efectivo de defoliación (si se puede esquematizar), sería aquel que remueva las hojas inmediatamente después que estas hayan alcanzado su tamaño máximo. La respuesta a la defoliación depende de las interrelaciones entre el crecimiento de tallos y raíces, así como de la relación entre tallos alargados y no alargados. La traducción de estas respuestas en

sistemas de manejo, depende de un cierto número de componentes: la composición botánica de la pastura, la etapa de crecimiento y las consideraciones económicas generales. El pastoreo, es siempre una forma ineficiente de cosechar el forraje, llevando a pérdidas del 40% al 50% del forraje producido (Milthorpe y Davidson, 1975).

- Morfofisiología del rebrote

Manejos de la pastura con sobrepastoreo en inviernos secos combinado con la falta de nutrientes disponibles en el suelo, pueden afectar negativamente el rebrote de plantas (Ennos, citado por Olmos López, 2004). En el mismo sentido, Goulas et al., citados por Olmos López (2004), resaltan la importancia de la cantidad de C y N disponibles como reserva para el rebrote de las plantas de trébol blanco, ya que ante la ausencia de reservas, el mismo dependerá de la tasa de fotosíntesis.

Las plantas para soportar o resistir el efecto del pastoreo poseen mecanismos que pueden ser de dos tipos, para evitar el pastoreo o de tolerancia al mismo (Briske, citado por Cangiano, 1997).

La obtención de altas velocidades de rebrote depende en primera instancia, del número de puntos de crecimientos activos remanentes después de una defoliación. Altas velocidades están condicionadas por el horizonte de pastoreo adoptado en relación a la posición del estrato vertical del tapiz, en los distintos tejidos meristemáticos (Booisen et al., citados por Montossi et al., 1996).

La velocidad de refoliación se sustenta en un factor morfológico, el número de meristemas refoliadores, y en otro fisiológico, la disponibilidad de energía para los mismos. Cuando las pasturas tienen un período de descanso posterior a la defoliación, las mismas pueden reaprovisionar sus reservas (Harris, Smetham, citados por Montossi et al., 1996).

En el mismo sentido, Smetham (1994) agrega que el crecimiento inicial de hoja alimenta la reconstrucción del canopeo de una hoja completa, mientras que el peso de raíz perdido está siendo restaurado con los carbohidratos provenientes de nuevas hojas. Las plantas requieren tiempo para recuperarse completamente de los efectos de la defoliación, dependiendo de su severidad. Si las mismas son defoliadas nuevamente antes de que su recuperación se complete, entonces este proceso se prolongará mucho más y podría causar la muerte. Por ejemplo, las plantas de festuca que se cortan hasta 2,5 cm cada diez días, murieron después de la cuarta exposición a éste régimen demasiado severo. Sin embargo, las plantas que se cortaron para dejar un remanente de

10 cm fueron capaces de recuperarse lo suficientemente como para resistir el mismo intervalo entre cortes. La velocidad y cantidad de rebrote después de una defoliación, depende por lo tanto de cuánto remanente se deje y también de las reservas generales de energía de la planta.

En plantas intensamente pastoreadas con pocas hojas, los carbohidratos para energía están en bajos niveles, tanto que la función normal de la raíz y el crecimiento cesan por varios días. La fijación de nitrógeno por las leguminosas también cesa por hasta tres semanas después de la defoliación, debido a la falta de energía para este proceso. La falta de función normal de la raíz afecta necesariamente la tasa de fotosíntesis o causa una detención completa en cualquier hoja que quede debido a la reducción del consumo mineral y de agua por las raíces. La recuperación, por lo tanto, involucra la iniciación de nuevo crecimiento de hoja primero y después la restauración del peso de raíz perdido (Smetham, 1994).

- Tasa de aparición foliar

El macollo de una gramínea generalmente sostiene una cantidad máxima de hojas vivas. Esta característica está bajo control genético y por lo tanto varía entre las diferentes especies. Las hojas vivas por macollo son relativamente independientes de las condiciones ambientales, pero el tiempo requerido por un macollo para llegar a tener la cantidad máxima de hojas después de una defoliación, varía en función de la temperatura (Chapman y Lemaire 1993, Agnusdei et al. 1998).

Al alcanzar el máximo de hojas, por cada hoja nueva que se produzca morirá una hoja vieja, en consecuencia, los índices de mortalidad de hojas también varían con la temperatura, de igual modo que el índice de aparición (Chapman y Lemaire 1993, Agnusdei et al. 1998).

- Tasa de elongación de hojas

La tasa de elongación de hojas responde inmediatamente ante cualquier cambio de temperatura en el ápice del tallo. La respuesta de la tasa de aparición de hojas y la tasa de elongación de hojas a la temperatura, hace que el tamaño de hoja, incremente con el aumento de la temperatura (Chapman y Lemaire 1993, Agnusdei et al. 1998).

- Vida media foliar

Hodgson et al. (2009) ponen énfasis en la importancia del conocimiento de la vida media foliar de las diferentes especies para un manejo más eficiente del pastoreo, ya que ella determina la proporción y cantidad de biomasa que podrá cosecharse con eficiencia en un programa de manejo del pastoreo.

Hodgson et al. (2009) agregan que la determinación de la vida media foliar para cada especie permite controlar el tiempo de defoliación que optimice el balance entre producción de forraje y eficiencia de utilización del mismo.

Cuando la biomasa de forraje es alta, la senescencia y la muerte constituyen el mayor camino de pérdida. La cantidad de tejido muerto que se acumula en el canopeo aumenta con la biomasa de forraje y con el tiempo (Langer, 1994).

Para una tasa similar de acumulación de forraje y una densidad poblacional similar, especies con mayor vida media foliar como *Festuca arundinacea*, tendrían sus hojas defoliadas entre 2 y 3 veces antes de que comenzaran a senescer. Esto indica que, cuando se maneja bajo stock continuo, las especies que se caracterizan por una corta vida media foliar deberían ser pastoreadas a una densidad poblacional mayor que las especies con mayor vida media foliar. Sin embargo, a medida que la densidad poblacional necesaria para mantener una masa de forraje objetivo está directamente relacionada con la tasa de crecimiento del forraje, se vuelve evidente que las especies con mayor vida media foliar están más adaptadas a bajas densidades poblacionales, permitiendo un uso eficiente de manejo de stock continuo aún cuando el crecimiento del forraje es bajo (Hodgson et al., 2009).

- Área foliar y tasa de crecimiento

Las plantas necesitan energía para crecer y la obtienen de la luz. Aunque la relación no es simple y directa, el crecimiento aumenta cuando la cantidad de luz absorbida por la planta aumenta. Por lo tanto, se deduce que para que una pastura crezca a su tasa máxima, tendrá que hacer un uso completo de toda la energía luminosa que reciba. La pastura solo logrará esto si posee un área foliar suficiente. El índice de área foliar (IAF), es una medida de la cantidad de hojas presentes; éste es la relación entre el área foliar de hojas y el área de suelo situada por debajo del follaje (Langer, 1981).

Según Watson, citado por Langer (1981), la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) depende del área foliar y cada cultivo tiene un cierto IAF para la máxima TCC. Langer (1981) agrega que éste cierto IAF, (óptimo o crítico) coincide con el área foliar capaz de interceptar el 95% de la radiación

fotosintéticamente activa incidente y que impide el desperdicio de luz por penetración en el suelo. Una vez alcanzado el IAF crítico, la pastura crece a su máxima tasa. A medida que continúa el crecimiento, también aumenta el IAF, más allá del valor crítico. Esto resulta en que más hojas inferiores son sombreadas progresivamente. En las pasturas, la tasa de crecimiento decrece con el tiempo, hasta que no hay aumentos del rendimiento. El porqué de ello, puede deberse, a la respiración de las hojas inferiores sombreadas por el follaje, que compensa las ganancias de peso debidas a la actividad fotosintética de las hojas superiores no sombreadas; o puede deberse a la igualación entre la aparición de hojas nuevas y la senescencia y descomposición de las viejas. Es probable que estos mecanismos y otros operen juntos.

- Morfofisiología de las gramíneas

Las plantas de gramíneas tienen una estructura morfológica muy semejante entre especies; Marchegiani (1985), Escuder (1997) agregan que las mismas están compuestas por un número variable de unidades morfológicas y funcionales denominadas macollos; a partir de los cuales se originan nuevas hojas, macollos y raíces. En cada ciclo de producción se cumplen dos etapas: vegetativa y reproductiva.

- Etapa vegetativa

Cada macollo está compuesto por un ápice ubicado en su base, responsable de la formación de sus hojas y yemas. Estas yemas son potencialmente capaces de formar nuevos macollos, que a su vez originan más hojas, yemas y nuevos macollos. El ápice da origen en forma sucesiva a las hojas. Estas se van produciendo alternadamente a partir de la primera y en forma continuada; esto determina la ubicación de las hojas más nuevas en la parte superior de la planta. Las yemas axilares son las que originarán nuevos macollos, los que crecerán en forma similar a la descrita. La base de los macollos y raíces son sitios de almacenamiento de sustancias de reserva que pueden ser utilizadas para su rebrote (Marchegiani, 1985).

- Etapa reproductiva

Cuando se cumplen las condiciones ambientales para la floración, el ápice comienza a transformarse en inflorescencia y ha iniciado la etapa de encañazón. Se interrumpe la producción de nuevas hojas y macollos. Los entrenudos se alargan formando la caña hasta que emerge la inflorescencia. Hay un fuerte incremento en la producción de materia seca y, dependiendo de la especie, disminución en general de la calidad a partir de la emergencia. En

las gramíneas perennes, sólo una fracción variable de los macollos encañan, según la especie, clima y manejo (Marchegiani, 1985).

- Morfofisiología de las leguminosas

- Tipo rastreras (trébol blanco)

Para las leguminosas estoloníferas, las yemas o meristemas de crecimiento de este tipo de plantas forrajeras se encuentran siempre próximas al suelo, por debajo del nivel de corte o pastoreo. Por lo tanto, las yemas no son normalmente dañadas por la defoliación y el rebrote es relativamente rápido (Cangiano, 1997).

La raíz principal es poco profunda y pivotante, mientras que las adventicias son menos profundas y con mayor número de ramificaciones. Los meristemas apicales se encuentran en el extremo de ápices y estolones, muy cercanos al suelo. Los estolones se producen a partir de yemas axilares de las hojas más cercanas a la superficie de suelo e irradian en todas las direcciones, otorgándole a esta especie una importante estrategia de avance en la pastura. Su dinámica, en la pastura, resulta en gran medida del balance entre la producción y muerte de estolones. Además posee la particularidad de ubicar sus hojas más jóvenes muy cercanas al suelo, impidiendo su accesibilidad para los animales (Marchegiani, 1985).

- Tipo erecta (lotus)

En el caso de las leguminosas de tallos erectos, las yemas o meristemas apicales están siempre por encima de la altura de defoliación, debido a la elongación que rápidamente se produce en los entrenudos de los tallos. El rebrote, luego del corte o pastoreo, se origina en las yemas de la corona o en la parte basal de los tallos que no hayan sido afectados por aquellos. Éstas características morfo-fisiológicas determinan que la defoliación tenga drásticos efectos en el crecimiento, producción y persistencia de este tipo de plantas (Cangiano, 1997).

La defoliación que mejor se adaptaría implica realizar pastoreos poco intensos para no consumir yemas de la base de los tallos, conservando área foliar remanente. La frecuencia de defoliación debería ser de intermedia a larga (Marchegiani, 1985).

2.3.2. Pastoreo

“Podría considerarse al pastoreo como un nexo o eslabón que permite un equilibrio entre los potenciales animales y de pasturas” (Viglizzo, 1981).

De acuerdo con Smetham, citado por Carámbula (2010b), un buen manejo del pastoreo tiene por objetivos principales producir la máxima cantidad de forraje con la mayor calidad posible y asegurar que el mayor volumen del forraje producido sea consumido por los animales. De ahí entonces que combinar exitosamente ambos sistemas biológicos (plantas y animales) muy diferentes, pero interdependientes, es la meta final, de tal manera de obtener el mejor empleo del forraje logrado sin perjudicar la persistencia productiva de la pastura. La necesidad de acompasar la producción de las pasturas con los requerimientos animales no es fácil, dado que ambos varían en forma interdependiente a lo largo de cada ciclo.

Los cambios en la digestibilidad del forraje, acompasan normalmente al estado de desarrollo de la especie o de la mezcla considerada, debido a ello se debe tener en cuenta que los momentos de pastoreo o corte no sólo afectan la cantidad y calidad del forraje; sino que además los animales comen en forma diferencial de acuerdo con la apetecencia de las diferentes especies y categorías animales. Esto conduce a cambios importantes en los rendimientos y en la composición botánica de las pasturas (Lesperance, Arnold et al., citados por Carámbula, 2010b).

Según Fulkerson y Slack (1994) un criterio de fácil medida para determinar el momento óptimo de defoliación es de importancia práctica muy elevada. Un indicador de planta muy útil para la determinación del momento óptimo de defoliación puede ser el momento a máxima expansión de tres hojas, o antes de que emerja la cuarta hoja y la hoja más vieja comience a senescer. El uso de estos criterios para la determinación del momento de pastoreo, en vez del uso de intervalos de tiempo predefinidos ha demostrado incrementar la producción de materia seca en condiciones de campo. Sin embargo, el atractivo de basar el momento de defoliación en función del tiempo que demoran en expandirse tres hojas en ryegrass puede depender de varios factores. El potencial de rebrote post-defoliación parece estar gobernado por el nivel de carbohidratos solubles en el rastrojo y raíces, que son utilizados para respiración y rebrote. Por lo tanto, el mínimo límite en el intervalo de defoliación puede estar definido por el tiempo que tardan en recuperarse las reservas de carbohidratos solubles. La tasa de senescencia de la cuarta hoja y hojas subsiguientes, determinarán la capacidad fotosintética, calidad de forraje y utilización animal.

2.3.2.1. Parámetros que definen el pastoreo

Bajo pastoreo, la producción total anual y estacional de una pastura depende de dos factores que normalmente tienen efectos opuestos: el número de pastoreos o cortes llamado frecuencia y el rendimiento de cada uno de ellos, intensidad (Carámbula, 2010b).

La frecuencia, duración y severidad de cada pastoreo afecta la cantidad, calidad y persistencia de las especies que componen la pastura. Ampliando este concepto, cuanto más severa sea la defoliación menor será el rendimiento de la pastura. Ello se debe a que se eliminan hojas en exceso y la recuperación de la pradera se hará en base a las sustancias de reserva de las raíces, las plantas se debilitarán y muchas de ellas morirán (Bignoli y Mársico, 1984).

- Frecuencia

Desde que cada pastura tiene una estación de crecimiento limitada de acuerdo a las especies que la conforman, cuanto mayor sea el número de cosechas, menor será el tiempo de crecimiento entre dos aprovechamientos sucesivos. Este aspecto, dado por la frecuencia de la defoliación, tiene singular importancia, ya que se sabe que cuanto más corto es el período entre dos cosechas, menor será la producción de forraje (Jacques y Edmond, citados por Carámbula, 2010b).

En las gramíneas, mientras que en especies de porte postrado las mayores frecuencias de defoliación promueven rendimientos más altos, en especies de porte erecto ocurre a la inversa (Brougham, citado por Carámbula, 2010b).

En pasturas continuamente pastoreadas, la frecuencia con la cual los macollos individuales son defoliados por los rumiantes, en relación a la vida media foliar de las especies forrajeras que conforman la pradera, determina la proporción de cada hoja que es defoliada antes de la senescencia, y por lo tanto, la eficiencia de cosecha del forraje. La probabilidad de defoliación de una hoja individual depende de su posición dentro de la canopia de la pastura, las hojas más largas tienen mayor probabilidad de ser defoliadas que las cortas. Cuando las hojas son defoliadas se acortan y la probabilidad de una defoliación posterior decrece y por lo tanto la probabilidad de defoliación de hojas senescentes se vuelve muy baja (Hodgson et al., 2009).

- Intensidad o severidad

La severidad de defoliación es definida como la cantidad de hojas removidas, expresada como una proporción de la cantidad antes de la defoliación (Hodgson et al., 2009).

El método de utilización dado por la intensidad (altura del rastrojo al retirar los animales) no sólo afecta el rendimiento de cada corte o pastoreo sino que también condiciona el rebrote, y por lo tanto la producción subsiguiente, así como la vida misma de la pastura. Con un tratamiento severo, se obtendrá una mayor cantidad de forraje, pero al mismo tiempo las plantas retendrán un área foliar remanente menor. En otras palabras, la altura de defoliación tiene una influencia positiva en la cantidad de forraje cosechado, pero una influencia negativa en la producción de forraje subsiguiente (Carámbula, 2010b).

- Frecuencia e intensidad combinadas

El grado óptimo de frecuencia e intensidad de cosecha depende del objetivo primario en la producción de forraje: cantidad o calidad. La calidad o valor alimenticio de un forraje no se relaciona con el volumen del disponible, sino con el momento del ciclo de cada planta o de la pastura en que estas son cosechadas. La calidad o valor alimenticio de una pastura es función de: a) el valor nutritivo, dependiente de la composición (energía, materiales nitrogenados, minerales y vitaminas) y del equilibrio entre ellas, y b) de la aptitud de las pasturas para ser consumidas (apetecibilidad en cantidad suficiente) (Carámbula, 2010b).

Si la producción de materia seca máxima fuera el solo objetivo que determinara las decisiones de manejo involucrando la defoliación, entonces dos criterios se aplicarían: primero, la frecuencia de defoliación debería ser tal que el intervalo de rebrote se extendiera hasta que la tasa de crecimiento de la pastura comenzara a declinar desde su máximo. Segundo, la intensidad de defoliación debería ser a un nivel tal que deje la cantidad de biomasa al cual la máxima tasa de crecimiento es obtenida primeramente (Wilson, 1978).

Fulkerson y Slack (1995), determinaron que la defoliación hasta 5 cm es probablemente la óptima altura para el rebrote posterior. La defoliación hasta 2 cm parece ser muy severa para el rebrote, particularmente para plantas con bajos niveles de carbohidratos iniciales. Si bien era de esperarse un rápido crecimiento post-defoliación con remanentes a 12 cm, este efecto no se encontró a pesar de que hubo un remanente de hojas considerable en el rastrojo de 12 cm mientras que no hubo casi remanente de hojas en los tratamientos de 2 y 5 cm. La falta de efecto puede deberse al sombreado por

las hojas de macollos hijos residuales, y también al hecho de que los residuos más viejos son fotosintéticamente ineficientes.

Fulkerson y Slack (1995) concluyeron que el estado de primera hoja en el ciclo de crecimiento, es el mínimo intervalo de defoliación recomendado. Esto se complementa con el uso del estado de tres hojas como indicador del máximo intervalo entre defoliaciones con la relación mantenida en diferentes intensidades de defoliación y niveles de reservas de carbohidratos. También, el número de hojas puede ser un criterio conveniente en determinar el óptimo intervalo de defoliación a campo, ya que integra variables de ambiente y de manejo.

Agustoni et al. (2008) bajo asignaciones de forraje de 2%; 4%; 7% y 9,5% en una pastura de segundo año mezcla, encontraron que para la asignación del 2% de peso vivo el disponible fue 1300 kg/ha MS; ambas medias fueron estadísticamente similares a la asignación de 4,5 donde la disponibilidad fue de 1400 kg/ha MS. Sin embargo fue diferente para las asignaciones de 7% y 9,5%; las que contaron con una disponibilidad promedio de 1700 kg/ha MS. En este experimento no hubieron diferencias en la disponibilidad de forraje en el primer pastoreo, pero luego del mismo se detecta una marcada disminución en el disponible, acentuándose en el segundo y tercer pastoreo fundamentalmente para el tratamiento de 2% e intermedia para el de 4,5%, mientras que para los tratamientos de 7% y 9,5% se aprecia un aumento en la cantidad de forraje disponible.

La altura remanente del tratamiento de 2% de asignación de forraje difiere significativamente de los tratamientos de 4,5%, 7% y 9,5%. Por otra parte el tratamiento de 4,5% tiene diferencias significativas respecto a los tratamientos de mayor asignación, los cuales no presentan diferencias significativas entre sí. El tratamiento de 2% PV de asignación de forraje presentó los valores más bajos de materia seca remanente y menos variables a lo largo de los pastoreos. Esto estaría indicando que los animales consumen hasta su capacidad de aprehender el forraje, cosechando por lo tanto la máxima cantidad de forraje posible (Agustoni et al., 2008).

Arenares et al. (2011), obtuvieron para una mezcla de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, disponibilidades de 1860 kg/ha MS, y para otra mezcla con la misma composición que la anterior más *Paspalum notatum* encontraron disponibilidades de 1556 kg/ha MS. Mientras que para el forraje remanente, las mezclas anteriores alcanzaron valores de 660 kg/ha MS (festuca, trébol blanco y lotus) y 604 kg/ha MS para la mezcla que incluye *Paspalum notatum*.

De Souza y Presno (2013) en una mezcla forrajera de tercer año con asignaciones de forraje de 23%; 8,7% y 6,6%; concluyeron que la evolución de las disponibilidades durante 4 pastoreos es similar hasta el pastoreo 4, donde el tratamiento de 23% AF presentó un disponible mayor. Este efecto ocurrió al acercarse a los meses primaverales, por lo que la baja carga no fue capaz de controlar el encañado. En cuanto al remanente, luego de los pastoreos, el tratamiento de 23% de AF presentó los mayores valores de esta variable, 2076 kg/ha MS, único con diferencia significativa (p -valor $<$ 10), mientras que el resto promedió 1743 kg/ha MS, coincidiendo con el tratamiento que tuvo inicialmente mayor forraje disponible. Por lo tanto mayores ofertas de forraje resultan en mayores remanentes, debido a que la demanda de los animales es superada por la oferta y por lo tanto los mismos consumen sin restricciones. Este resultado se mantuvo a lo largo de los pastoreos y tendió a acentuarse a medida que transcurrían los mismos. Si bien los remanentes fueron altos en términos generales, con dotaciones más altas los remanentes se mantienen más estables a lo largo del período experimental.

Folgar y Vega (2013) establecieron diferencias en cuanto a disponibilidad del forraje solamente en los tratamientos extremos, siendo mayor el forraje disponible en el tratamiento de menor dotación. El período invernal presentó mayor disponible por la acumulación de forraje previo al inicio del experimento, donde las parcelas permanecieron el mes de mayo sin pastorear. Se observó la misma tendencia para los 3 tratamientos, registrándose una caída de la disponibilidad de forraje desde el invierno independientemente del tratamiento hasta el tercer y cuarto pastoreo (comienzo de la primavera), donde se equilibra la cantidad de forraje desaparecido con la producción de forraje. Para el forraje remanente, en el mismo trabajo se observó un similar comportamiento de todos los tratamientos a medida que transcurrieron los pastoreos, teniendo una tendencia similar a la observada en el disponible en la cual la altura promedio del remanente no varió en forma significativa entre tratamientos para las estaciones de invierno y primavera, al igual que para todo el período experimental. Obtuvieron valores de 5,9 cm (2,17 anim./ha), 7 cm (1,52 anim./ha) y 7,6 cm (0,87 anim./ha).

2.3.2.2. Método de pastoreo

“El pastoreo introduce variables cuyos efectos influyen sobre la utilización y productividad de las pasturas y repercuten sobre la producción animal, dentro de estas variables el método de pastoreo merece especial atención” (Viglizzo, 1981).

Básicamente existen dos métodos de pastoreo, continuo e intermitente. El pastoreo continuo es llamado con frecuencia, de dotación fija; mientras que

el pastoreo intermitente incluye los modelos rotativo y alternado. El pastoreo continuo implica adaptar la capacidad de carga al crecimiento de la pastura. Mientras que el método de pastoreo rotativo (también llamado intermitente), se basa en permitir el acceso de animales a una sola parcela por vez donde permanecen un período controlado de tiempo, lo suficientemente corto como para que no haya rebrote disponible para pastorear y al retirar los animales ofrecer un período de descanso suficientemente largo como para permitir el reaprovisionamiento de reservas para el rebrote. Esto se lleva a cabo dentro de un conjunto de parcelas que integran un plan sistémico de rotaciones (Langer, 1981).

De los varios componentes del manejo del pastoreo, se tiene mayor control sobre el intervalo entre pastoreos bajo un sistema de pastoreo rotativo. Los intervalos entre pastoreos determinan la oferta de alimento, y dada una carga, establecen la tasa de utilización del alimento (Fulkerson y Slack, 1994).

En la práctica el período de pastoreo no tendría que ser mayor a 24 horas, mientras que el descanso varía con la época del año. El pastoreo rotativo puede no resultar en mayor cantidad de forraje en relación al pastoreo continuo, pero la calidad del forraje ofrecido es considerablemente mayor con pastoreo rotativo que con el pastoreo continuo (Smetham, 1994).

La mayor carga significa que los animales tienen poca oportunidad para seleccionar. La duración de cada período de descanso es importante y debe ser ajustada para que la carga pueda lograr consumir el alimento disponible en este período. El largo período entre pastoreos permite a las gramíneas y a los tréboles crecer altos, ofreciendo máxima competencia por luz entre especies deseables y bien establecidas y las especies menos deseables como las malezas. Las malezas son más deprimidas por la defoliación intensa y la carga elevada durante el pastoreo (Smetham, 1994).

La decisión entre continuo y rotativo debería tener en cuenta las características morfológicas de las especies consideradas. Para especies con corta vida media foliar el uso de pastoreo rotativo, en el cual los intervalos entre pastoreo igualan aproximadamente la vida media foliar, debería permitir una alta eficiencia de utilización cuando las tasas de crecimiento de la planta son bajas. A la inversa, cuando las tasas de crecimiento de la pastura son altas, altas densidades de stock y frecuencias de defoliación elevadas son requeridas para asegurar alta eficiencia de pastoreo, el pastoreo continuo podría ser el manejo preferido (Hodgson et al., 2009).

Como no existe la oportunidad para realizar un pastoreo selectivo en sistemas con alta carga y/o pastoreo rotativo, se deduce que los animales

deben comer casi todo lo que hay ante ellos. A consecuencia de esto, si la calidad del forraje no es buena, entonces los animales no producirán de manera satisfactoria. El pastoreo rotativo fracasará si no hay especies de crecimiento rápido y elevada producción, que reaccionen favorablemente a un manejo consistente en períodos de pastoreo intenso e intervalos de descanso largo (Langer, 1981).

La productividad de las pasturas pastoreadas rotativamente alcanzó un máximo entre el promedio de biomasa del remanente de 1900 y 2800 kg/ha MS. Este rango es mayor que el citado para pasturas de carga fija o pastoreo continuo (Hodgson y Birchan, 1983).

En pasturas pastoreadas rotativamente, la biomasa del forraje remanente después del pastoreo es frecuentemente menor a 1000 kg/ha MS y frecuentemente es tan baja como 300 a 600 kg/ha de forraje (Milligan, citado por Smetham, 1994). Hunt y Brougham, citados por Smetham (1994) agregan que mucho menos forraje es por lo tanto dejado para que envejezca y muera y la acumulación de material muerto en el canopeo es consecuentemente lento. Por ejemplo, la acumulación de forraje muerto estaba ocurriendo a una tasa diaria de 41 kg/ha después de 21 días de descanso, en donde la pastura se mantuvo cortada entre 10 y 14 cm, pero solo a 12 kg/ha en donde la pastura se cortó hasta 2,5 cm.

Meekan, McMeekan y Walshe, citados por Viglizzo (1981) ponen especial énfasis en la existencia de una interacción carga animal por método de pastoreo, que se fue acentuando con las mayores cargas.

2.4. COMPOSICIÓN BOTÁNICA

Agustoni et al. (2008), concluyen con relación a la composición botánica, que las malezas presentaron un comportamiento diferencial entre los distintos tratamientos. Para los tratamientos de 2% y 4,5% PV de asignación, el enmalezamiento presentó un aumento a lo largo de los pastoreos. El porcentaje de suelo descubierto para los tratamientos de 7% y 9,5% PV de asignación fue mínimo a lo largo de los sucesivos pastoreos a diferencia de los de 2% y 4,5% de asignación donde presentó un leve aumento.

Álvarez y Franco (2010) encontraron para la mezcla de festuca y trébol blanco en su primer año de vida porcentajes de composición botánica de 40% para festuca, 40% de trébol blanco y las malezas totales alcanzaron un valor de 20% en el período invernal. Mientras que en la primavera los valores de cobertura para las especies sembradas (festuca y trébol blanco) fueron superiores al 80%. En el trabajo anterior, los autores mencionan que esta

mezcla presentó la menor densidad de enmalezamiento durante todo el período experimental.

Fogliano y Fernández (2009) establecen que la composición botánica al inicio del experimento fue de 99,47% de gramíneas y 0,53% de trébol blanco, luego se produjo un aumento en la fracción gramínea pero la fracción leguminosa se mantuvo en los mismos valores. Por otro lado la proporción de malezas, suelo descubierto y restos secos disminuyeron al punto de no considerar significativa su presencia. En cuanto al componente restos secos se mantuvo en un nivel muy bajo a lo largo del período del experimento.

Arenares et al. (2011) encontraron que la composición botánica no fue diferente para las distintas mezclas en relación al porcentaje de gramíneas, leguminosas y restos secos, sin embargo, sí difirieron en cuanto al porcentaje de malezas (7% tratamiento 2 vs. 9% en el tratamiento 4).

De Souza y Presno (2013) obtuvieron resultados que indican que el tratamiento de menor carga (23% AF) fue el que presentó la menor selectividad relativa del componente gramínea, en proporción a lo que había, la capacidad de selección fue más alta; lo que implicó que en el forraje remanente quedara una proporción mayor de gramíneas con respecto a los otros tratamientos. No hubo diferencias significativas en la proporción de los otros componentes, pero en el tratamiento de menor carga al haber menos animales hubo más cantidad de leguminosas por animal. En todos los tratamientos la proporción de gramíneas a lo largo del período experimental fue alta, estando entre valores de 60 a 80% de los kg disponibles y remanentes. Por otro lado las leguminosas se encuentran en menor proporción durante todo el período, variando entre 0 a 20% del total.

En el mismo trabajo De Souza y Presno (2013) concluyeron que el tratamiento de carga intermedia (8,7% AF) fue el que tuvo un nivel mayor de malezas en todo el período, si bien estadísticamente no hubieron diferencias. El tratamiento con menor proporción de malezas en el remanente es el de mayor carga (6,6% AF), lo que indica que la dieta animal está compuesta por una mayor proporción de malezas. La proporción de malezas en la mezcla no fue de gran relevancia en especial para ser una pradera en su tercer año de vida, manteniéndose entre valores de 10 a 20 % en todos los tratamientos. Con respecto a los restos secos, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en términos promedio, pero en la evolución puede observarse una tendencia a la baja en todos los tratamientos hacia los meses primaverales, debido al desarrollo reproductivo de las especies de la mezcla y las malezas.

2.5. PERSISTENCIA

“Hay que considerar como la unidad funcional básica de una pastura a cada brote o macollo, ya que cada uno de ellos es quien produce las hojas, forma las yemas para nuevos macollos, forma las raíces, se convierte en tallos y es el mecanismo de persistencia de la pastura” (Gregorini, 2007).

La pastura es dinámica y por lo tanto susceptible a cambios botánicos. Estos cambios y la producción de las pasturas, están gobernados por un complejo de factores que interactúan entre sí (Frame, 1983).

El concepto de persistencia en las pasturas involucra el criterio de constancia de rendimientos, dentro de un equilibrio dinámico de balance entre las especies sembradas (gramíneas y leguminosas). A grandes rasgos la persistencia puede considerarse como: productiva, cuando las especies introducidas efectúan contribuciones importantes al rendimiento total de la pastura o de subsistencia, cuando estas especies se encuentran presentes pero no hacen aportes apreciables de materia seca (Carámbula, 2010b).

En general para la mayoría de los sistemas de producción uruguayos, la mayor persistencia de las leguminosas es un requerimiento altamente deseable. Más aún, se puede pensar que los sistemas de producción uruguayos están delineados en función de la persistencia que es factible conseguir de las leguminosas (García, 1992).

La meta de mantener un contenido de leguminosas agrónomicamente deseable en la pastura, significa mantener a estas en una condición de no equilibrio; correspondiente a las primeras fases de una sucesión vegetal (Carámbula, 2010b).

A lo anterior García (1992), agrega que en lotus la persistencia depende en buena medida de la perennidad de la planta original; la resiembra natural puede ser importante en algunos casos pero en general es bastante errática. El trébol blanco persiste vegetativamente a través de los estolones aún después de la muerte de la planta original. Sin embargo, hay que agregar las complicaciones adicionales que implican la competencia con especies como festuca, paspalum y cynodon, mejor adaptadas a situaciones de estrés. En ciertos casos la siembra de variedades inadecuadas suelen ser una causa de poca persistencia. Para el trébol blanco existen mejores variedades con relación a las más utilizadas en el país, tanto desde el punto de vista de la producción de forraje como de la persistencia vegetativa. Pero estas variedades igual declinan en el tercer año, por lo que esta mayor persistencia relativa no se traduce en un cuarto año de buena producción consistente.

Los rendimientos de las pasturas sembradas en función de su edad en promedio alcanzan su máxima producción al segundo año, al que le sigue un período de rendimientos decrecientes con una mayor variabilidad por parte de los mismos. Dichos cambios en los rendimientos totales anuales son acompañados por variaciones en la distribución estacional según la edad de la pastura; registrándose sucesivos e importantes decrecimientos en la producción de forraje estivo-otoño-invernal y a su vez progresivos incrementos en la producción primaveral. El descenso de los rendimientos está enteramente asociado a la pérdida de leguminosas, desde el tercer año en adelante estas comienzan a desaparecer, registrándose en las pasturas espacios libres en donde avanzan malezas (Carámbula, 2010b).

En relación a lo anterior Santiñaque (1979), encontró grados de enmalezamiento para pasturas mezcla de trébol blanco y festuca de tercer año de 7% en el mes de octubre y 31% en el mes de diciembre; mientras que pasturas mezcla de festuca, trébol blanco, lotus y paspalum presentaron grados de enmalezamiento de 1% en el mes de octubre y 5% en el mes de diciembre para su tercer año de vida.

Los principales componentes del ecosistema pastura que determinan su productividad y persistencia son: el medio ambiente, el manejo y los recursos genéticos. Estos operan constantemente e interaccionan fuertemente entre sí (Frame, 1983).

Los factores climáticos y edáficos involucran diferentes cambios de humedad, temperatura y luz; así como fertilidad y condiciones físicas del suelo. Estos factores, ofrecen períodos con presiones de diferente magnitud que determinan en gran parte la vegetación natural de una región y por supuesto la de una pastura sembrada (García, 1992). Gran parte del descenso de la productividad y deterioro de las pasturas es resultado de manejos incorrectos. No cabe duda de que el manejo del pastoreo es el factor más fácilmente modificable, existe una interacción compleja entre éste, el ambiente y los recursos genéticos, cuando las presiones ambientales son severas el manejo se vuelve crítico. A su vez, el manejo tiene un efecto directo sobre los recursos genéticos determinando su supervivencia en las pasturas (Frame, 1983).

En relación a los recursos genéticos, se deberán conocer los grados de compatibilidad entre gramíneas y leguminosas que llevan a un balance correcto entre ambas fracciones, a los efectos de alcanzar y mantener la productividad y estabilidad de la pastura (Frame, 1983).

La falta de persistencia se presenta generalmente por una pérdida de las especies sembradas. Las gramíneas permanecen en poblaciones poco

variables, aunque ofreciendo rendimientos menores a medida que aumenta la edad de las pasturas. Al ir desapareciendo las leguminosas, sus nichos van siendo ocupados progresivamente por plantas invasoras (Santiñaque y Carámbula, 1981).

Al respecto, Escuder y Castro (1972), estudiando el comportamiento de nueve mezclas forrajeras, determinaron en el primer año, porcentajes de enmalezamientos que variaron entre 23% y 71%, manteniéndose estas cifras relativamente altas en un período de tres años.

Bautes y Zarza, citados por Carámbula (2010b), en un estudio que comprendió 14 experimentos, constataron la incidencia negativa de los altos porcentajes de malezas en el comportamiento de tres mezclas forrajeras.

El grado de enmalezamiento en las pasturas es tanto mayor cuanto menos precoces son las especies incluidas en la mezcla, más largo es el período de reposo de las mismas, más secos son los veranos y menor es el porcentaje de gramíneas precoces. Las especies forrajeras sembradas difieren en cuanto a la susceptibilidad para ser dominadas por la competencia que les pueden ejercer las malezas, particularmente cuando aquellas se encuentran en estado de plántula. Un ejemplo de especies altamente susceptibles a las malezas son las pertenecientes al género *lotus*, sus plantas se desarrollan muy lentamente y casi nunca alcanzan a formar un follaje denso que favorezca su autodefensa (Carámbula, 2010b).

Bignoli y Mársico (1984) acotan que debe evitarse el recargo de la pastura que provoca agotamiento y desaparición de los pastos útiles, cuyo lugar es ocupado por las malezas; dado que éstas son poco palatables, quedan sin ser pastoreadas, por lo cual se desarrollan sin dificultad en detrimento de las especies forrajeras.

El enmalezamiento puede afectar severamente tanto la producción como la persistencia de pasturas. Altas infestaciones de malezas pueden causar grandes pérdidas de rendimiento como consecuencia, inclusive de importantes pérdidas de plantas durante las etapas iniciales, resultando de gran importancia el control durante las etapas de implantación. Por otra parte la complejidad de las pasturas utilizadas en el país, normalmente polifíticas, con una gramínea y una o más especies leguminosas que requieren de manejos diferenciales y también presentan muy distinta tolerancia a los herbicidas, determinan que el control de malezas sea muy difícil (Álvarez y Franco, 2010).

En tal sentido, Moliterno (2000) determinó que mientras las mezclas con especies precoces presentaron menos malezas (menos de un 40%) en aquellas formadas sólo por especies perennes alcanzaron un promedio de 65%.

2.6. PRODUCCIÓN ANIMAL

2.6.1. Consumo

“Si bien los técnicos y productores visualizan la utilización de pasturas como un problema a resolver potrero a potrero, los rumiantes están forzados a resolver sus requerimientos diarios bocado a bocado” (Champan, citado por Chilibroste, 2002).

Allden y Whittaker, citados por Chilibroste (2002) plantean un modelo en el que el consumo de materia seca (g.día^{-1}) sea expresado como el producto de la tasa de consumo (g.hora^{-1}) y el tiempo de pastoreo (horas.día^{-1}). La tasa de consumo a su vez ha sido expresada como el producto del peso de cada bocado individual (g.bocado^{-1}) por el número de bocados por hora (bocado.hora^{-1}).

$C = TP \times TB \times CB$, donde:

C = consumo diario de forraje por animal (mg MO/kg PV)

TP = Tiempo de pastoreo (min/día)

TB = Tasa de bocado (bocado/min)

CB = Consumo por bocado (mg MO/kg PV)

Laca et al., citados por Chilibroste (2002) ubicaron a la altura y la densidad del forraje como los factores más importantes en la definición de la profundidad y área de bocado y consecuentemente en el peso de bocado. Es a nivel del bocado individual que se ha establecido la ligazón funcional entre el aparato ingestivo del animal y las características morfológicas y espaciales de la pastura (Laca y Ungar, 1994). Adicionalmente, ha sido reconocido el peso del bocado individual en la determinación de la tasa de consumo lograda por los rumiantes (Hodgson, Ungar, citados por Chilibroste, 2002).

La productividad de un animal dada cierta dieta, depende en más de un 70% (Waldo, 1986) de la cantidad de alimento que pueda consumir y en menor proporción de la eficiencia con que digiera y metabolice los nutrientes consumidos.

Poppi et al. (1987) sugieren que el consumo animal en condiciones de pastoreo está regulado principalmente por dos grupos de factores: nutricionales y no nutricionales.

Según Cangiano (1997), la relación entre el consumo de materia seca y cantidad de forraje describe una línea curva que tiene una asíntota a un máximo. En esta curva se puede distinguir una parte ascendente, que es donde la capacidad de cosecha del animal (factores no nutricionales), limita el consumo a través del comportamiento ingestivo; este comportamiento es afectado a través de la selección de la dieta y la estructura de la pastura.

En pasturas de gramíneas de zona templadas, la altura del forraje parece ser la característica que mayor incidencia tiene sobre el peso de bocado (Hodgson, citado por Cangiano, 1997). En cambio, en pasturas de zonas tropicales Stobbs, citado por Cangiano (1997), encontró que la densidad foliar del canopeo y la relación hoja/tallo (en peso), tenían mayor influencia que la altura.

Hodgson y Jamieson (1979) encontraron que el tamaño de bocado y la tasa de bocado fueron mayores en terneros con baja disponibilidad que en terneros con alta disponibilidad después de la entrada a una nueva franja de forraje, pero las posiciones se revirtieron hacia el final del pastoreo. La reducción de los consumos de forraje en los tratamientos de baja disponibilidad resultó en reducciones de magnitud aproximadamente similar en tasa de bocado, tamaño de bocado y tiempo de pastoreo; aunque no todos estos efectos fueron significativos. Se sugiere que estas respuestas resultaron del incremento en la dificultad de la cosecha de forraje y su consumo, mientras este disminuye a medida que se pastorea a una menor altura. Los terneros del tratamiento de baja disponibilidad de forraje no incrementaron el tiempo de pastoreo, probablemente porque su comportamiento fue condicionado por la anticipación de una nueva disponibilidad de forraje.

2.6.2. Interacción animal-pastura

El manejo del pastoreo define un punto cardinal entre la producción primaria y secundaria de nuestros sistemas pastoriles. El porqué de la importancia de esta interacción yace en la relación planta-rumen-animal. La cual conecta el estado fisiológico nutricional del animal, a la accesibilidad y valor nutritivo del pasto disponible, como también el efecto del manejo sobre la capacidad de cosecha de nutrientes por parte de los animales. Para lograr una alta producción ganadera no sólo es suficiente producir la máxima cantidad de

forraje posible, ya que la respuesta productiva va a depender no sólo de la base forrajera sino de cómo sea utilizado el forraje producido (Gregorini, 2007).

Lo más común es que los vacunos dividan sus días en períodos alternados de pastoreo, rumia y descanso. Normalmente se producen entre 3 y 5 períodos de pastoreo durante el día, siendo los más largos e intensivos después del amanecer y antes del atardecer. La cantidad de horas de pastoreo varía con las condiciones de la pastura y las condiciones climáticas (Lapetina, 2014).

Para comenzar a analizar los factores que intervienen en las relaciones pastura-animal, conviene tratar por separado aquellas características de la pastura que afectan al animal, de los efectos que los animales realizan sobre las pasturas. Evidentemente entre ambas hay una interdependencia que determinará la respuesta en producción y utilización del forraje, que es necesario integrar y que, fundamentalmente, se deberá hacer ante cada caso particular (Gregorini, 2007).

2.6.2.1. Características de la pastura que afectan el comportamiento animal

Son tres las variables de la pastura que determinan el comportamiento animal y por tanto definirán el consumo de materia seca digestible, que se relaciona en forma directa con la ganancia de peso: calidad de la oferta forrajera, cantidad de forraje disponible y estructura de la pastura (Gregorini, 2007).

- Calidad de la oferta forrajera o digestibilidad

El valor alimenticio de una pastura bajo condiciones de pastoreo es, principalmente, la capacidad del forraje para aportar energía al animal. Sin embargo, bajo ciertas condiciones otros componentes del alimento pueden ser limitantes. El valor nutritivo puede ser definido como la respuesta animal por unidad de consumo de alimento, y está conformado por tres factores: la composición química; la proporción que es digerida o digestibilidad aparente; y la eficiencia con que los nutrientes digeridos son utilizados para mantenimiento y producción. De esto resulta que el valor nutritivo puede expresarse como una función de dichos factores (Galli, 1997).

Una pastura ofrece una cierta cantidad de forraje y con una cierta calidad. A medida que la pastura avanza en su ciclo de crecimiento, aumenta la cantidad de forraje (a una determinada tasa de crecimiento en kilogramos de materia seca/ha/día); pero al aumentar su grado de madurez, disminuye su calidad (Gregorini, 2007).

Según Rovira (2008), la digestibilidad de una pastura no es un valor para nada estable. A medida que las plantas van madurando, la proporción de tallos aumenta y como ellos tienen menor digestibilidad que las hojas, la digestibilidad total de la planta disminuye. Los tallos tienen menor digestibilidad porque contienen proporciones mayores de los componentes estructurales de la planta, tales como la celulosa y la hemicelulosa que poseen baja digestibilidad, y la lignina que es indigestible.

En un estudio bajo encierro con forraje cortado se demostró que el consumo voluntario está positivamente correlacionado con la digestibilidad de la energía. Con un contenido de fibra incremental del pasto hay un decremento en la digestibilidad y un incremento proporcional en la cantidad de residuos indigestibles que tienen un mayor tiempo de tránsito en el rumen (Blaxter et al., Van Soest, citados por Minson, 1983).

En relación a las especies que componen la mezcla estudiada, se puede mencionar que en base a los datos obtenidos por Mieres (2004) festuca tiene un promedio de 16,4% de proteína cruda; mientras que las leguminosas superan ampliamente este valor, el trébol blanco posee 26% de proteína cruda y una digestibilidad de la materia orgánica del 75%, y el lotus llega a valores de proteína de 22,8%, siendo la digestibilidad de la materia orgánica promedio de 64,1%.

- Cantidad de forraje disponible

En concreto, la definición de disponibilidad de forraje por día sería: la cantidad de forraje expresada como materia seca o materia orgánica por unidad de peso vivo animal. Como regla general se puede aseverar que una vez que la disponibilidad es dos veces menor al máximo consumo posible se empieza a producir un brusco descenso en la cantidad de forraje consumido (Rovira, 2008).

Cuando la cantidad de forraje es baja, el carácter del mismo puede tener poco o nulo efecto sobre el consumo. En estas condiciones, el consumo es afectado por el comportamiento ingestivo del animal a través de limitantes en el peso de bocado, tasa de bocado y/o el tiempo de pastoreo. Este tipo de limitantes también podría darse en condiciones de alta cantidad de forraje, pero de baja disponibilidad efectiva o accesibilidad (Cangiano, 1997).

Cuando los animales se ven forzados a pastorear forrajes con menos de 5 cm de altura, el consumo disminuye entre un 10% y un 15%. El consumo es máximo cuando la oferta forrajera es del orden de los 2500 kg/ha MS; con 450 kg/ha de MS el consumo disminuye un 60%. Cuando se alcanza un 50% de la

utilización de la pastura, la declinación en la performance de los animales es significativa (Rovira, 2008).

Según Viglizzo (1981), el problema de optimizar la asignación de áreas forrajeras surge de las diferencias más o menos importantes que las diferentes especies pueden presentar entre sí. Si la demanda de pasto fuera constante a través del tiempo y todas las especies tuvieran producción similar e intervalos de utilización semejantes y no superpuestos, el problema de la asignación de áreas se reduciría al simple trámite de realizar una equidistribución espacial.

- Estructura o distribución espacial de los componentes de la pastura

La cantidad y distribución espacial de los componentes de la pastura cambian a lo largo del año, y se modifican permanentemente con el pastoreo. Dicha distribución espacial es determinante, tanto de la facilidad de cosecha, como de la cantidad y composición del forraje que podrá ser ingerido en un determinado tiempo. Para que el consumo sea eficiente, la pastura, además de tener determinadas características nutricionales, debe presentar una arquitectura que permita ser aprehendida, cortada e ingerida y luego rumiada por los animales (Prada, 2011).

El tamaño de cada bocado puede ser muy variable y es el factor principal que define el consumo en pastoreo. Esto se ve afectado por la distribución de las fracciones seleccionadas por los animales, su accesibilidad y densidad (Gregorini, 2007).

El peso de bocado es muy sensible a variaciones en la altura del forraje y cuando disminuye, ante una disminución de la altura de la pastura, el tiempo de pastoreo y la tasa de bocados tienden a aumentar hasta un cierto valor crítico, por debajo del cual dicha compensación es insuficiente para evitar una caída en la tasa de consumo y el consumo diario (Cangiano, 1997).

Conjuntamente con la altura del forraje disponible hay tres factores adicionales que deben ser considerados al momento de predecir el consumo bajo pastoreo: densidad de la pastura, presencia de barreras físicas a la cosecha del forraje y contenido de materia seca del forraje (Chilibroste, 1998).

Las pasturas pueden influir de dos maneras sobre la curva de respuesta entre oferta de forraje y producción animal: con leguminosas el animal alcanza una ganancia máxima mayor que con gramíneas, debido a factores nutricionales que afectan el consumo; con leguminosas, el animal alcanza su máximo consumo a una oferta diaria de forraje menor que con gramíneas, posiblemente como resultado directo de factores no nutricionales, entre los que

se incluye la diferente estructura de la pastura, que afecta la facilidad de cosecha del forraje (Cangiano, 1997).

2.6.2.2. Características del animal que afectan la pastura

- Dotación

La carga animal es el número de animales que pastorean una unidad de superficie conocida durante un período determinado de tiempo, este es el parámetro más utilizado ya que tanto la presión de pastoreo como la receptividad suponen mediciones periódicas de la disponibilidad del forraje. La presión de pastoreo se puede definir como el número de animales presentes por unidad de pasto disponible durante un período determinado de tiempo. Este concepto parte del hecho de que dos cargas iguales en términos aritméticos no pueden ser equiparables en términos productivos o experimentales. Las mismas pueden experimentar grandes variaciones: según cambios de disponibilidad que se producen en el año y entre los años, según la unidad de tiempo considerada, según el área de referencia y según la categoría (Viglizzo, 1981).

Numerosas evidencias muestran que a partir de cambios producidos en la presión de pastoreo pueden generarse cambios de distinta magnitud en la producción animal y por unidad de superficie (Mott, 1960).

Generalmente en tratamientos donde la dotación es baja, el forraje desaparecido tiende a parecerse menos al forraje realmente consumido, ya que en estos casos el intervalo de defoliación es superior a la vida media foliar, por lo que una mayor proporción de material verde puede perderse por senescencia y la diferencia entre la producción primaria y la cosechable aumenta, en definitiva puede aumentar el forraje desaparecido aunque no sea consumido (Chapman y Lemaire, 1993).

Según Campbell, citado por Viglizzo (1981) un aumento del 50% de la carga animal, puede generar aumentos del 300 al 400% en la presión de pastoreo, según el mes o estación del año que se considere. La reciprocidad de una pastura, es otro concepto que suele emplearse, el mismo expresa la cantidad de animales requeridos para lograr una óptima presión de pastoreo.

Al aumentar la presión de pastoreo, la competencia entre individuos aumenta y, en función del número de componentes del grupo, aparecen cambios en la conducta de los individuos (Prada, 2011).

Según Mott (1960) en comparaciones entre especies de plantas, mezcla de especies, tratamientos de fertilidad, sistemas de manejo del pastoreo, y ensayos de naturaleza similar en donde se utilizan los animales como una medida del rendimiento de la pastura, es imperativo que la presión de pastoreo impuesta en cada uno de los tratamientos deba ser equitativa.

Eyles et al., citados por Mott y Cubillos (1969) expresan que en los ensayos de pastoreo las cargas animales dependen del asesoramiento del experimentador en la capacidad de carga de vez en cuando, y a no ser que estas cargas animales tengan todas la misma relación con la disponibilidad del forraje, los resultados no reflejarán los valores apropiados relativos a los tratamientos bajo investigación. Es obvio que estas declaraciones no se aplican a aquellos ensayos en los cuales los efectos directos de las presiones de pastoreo estén siendo probados.

- Producto animal en función de la dotación y otros parámetros

Folgar y Vega (2013) encontraron sobre una pastura de festuca, trébol blanco y lotus en función de tres dotaciones diferencias en las ganancias individuales. Con alta dotación (5% oferta de forraje) las ganancias medias diarias fueron de 0,840 kg/día, con dotación intermedia (8% oferta de forraje) obtuvieron 0,990 kg/día y con bajas dotaciones (13% oferta de forraje), las ganancias fueron de 1,16 kg/día.

De Souza y Presno (2013) realizaron un experimento en el período mayo a octubre sobre una mezcla forrajera del tercer año con novillos Holando. Los mismos dividieron el período experimental en tres períodos y encontraron que de mediados de junio a fin de agosto no hubo diferencias significativas entre los tratamientos en las ganancias medias diarias, aunque se observó una tendencia a que estas aumenten con la disminución de la carga. En el segundo período (principios de setiembre a principios de octubre), encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 3,1 novillos/ha; 1,5 novillos/ha y 4,6 novillos/ha. Por último hubieron diferencias significativas en el período de octubre a principios de diciembre entre el tratamiento de 4,6 novillos/ha contra los de 1,5 novillos/ha y 3,1 novillos/ha. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en ninguna de las dos estaciones, a pesar de que ocurren diferencias de casi 0,50 kg/animal/día en la primavera. En esta época el p-valor obtenido fue de 0,17 con un bajo coeficiente de variación, lo que indica que por poca diferencia no fue significativo.

Arenares et al. (2011) evaluaron la GMD en invierno para una mezcla de festuca, trébol blanco y lotus, obteniendo valores de 0,49 kg/animal/día en invierno, mientras que en primavera la misma fue de 1,52 kg/animal/día. Por

otro lado, en la mezcla que incluía *Paspalum notatum* encontraron valores de 0,8 kg/animal/día en invierno y 1,28 kg/animal/día en primavera.

De Souza y Presno (2013) midieron ganancias de peso vivo por animal de 106, 135 y 188 kilogramos, para los tratamientos 1,5; 3,1 y 4,6 novillos/ha respectivamente y las producciones por hectárea fueron de 163, 415 y 545 kilogramos en el mismo orden.

- Selectividad

El ganado que se encuentra a diario con el forraje lo cosecha de determinada manera, selecciona y cambia de lugar durante períodos variables, para poder ingerir una porción de la pastura que se constituye en su dieta diaria. Esta porción seleccionada es diferente al promedio de la pastura distribuida en las tres dimensiones. La cantidad consumida por animal y por día es el resultado de la interacción entre la demanda individual y la facilidad de cosecha que presenta la pastura (Prada, 2011).

El consumo y selectividad animal bajo pastoreo tiene una importancia fundamental en determinar la productividad y la eficiencia global de los sistemas pastoriles. En la definición del mecanismo de selección animal, varios autores han definido este proceso a dos niveles: a) sitio de pastoreo y b) localización del bocado durante el pastoreo. El sitio de selección se refiere a la selección a nivel horizontal a mayor escala (pequeñas comunidades vegetales dentro de un potrero), mientras que la selección a nivel de bocado se asocia a la selección individual del bocado en los planos horizontales o verticales a nivel de cada pequeña comunidad, (por ejemplo parches de pastoreo) (Montossi et al., 1996).

Bajas cargas animales con grandes cantidades de forraje sin pastorear permiten el pastoreo selectivo de forraje de alta digestibilidad y nitrógeno pero bajo en fibra cruda. El consumo de materia seca por animal por día es mayor para bajas que para altas cargas animales. Puede concluirse, por lo tanto, que el pastoreo selectivo incrementa tanto la cantidad de materia seca y la calidad del forraje consumido (Blaser et al., 1960).

En un experimento realizado por Bianchi (1982) en La Estanzuela, sobre una pradera de segundo año con presiones de pastoreo de 3, 6, 9 y 12 kg/100 kg de PV se demostró que la selección ejercida por los animales en pastoreo se refleja en dos fenómenos simultáneos: 1) la utilización del 53% de la MS total en el tratamiento del 3% de peso vivo implicaba por causa de la selección ejercida, una utilización del 73% de la materia orgánica digestible total entonces, al utilizar los animales aproximadamente la mitad del forraje total presente, valor que a primera vista sería bajo, ello implicaba una elevada

utilización del forraje de alta calidad presente en el tapiz, 2) el material verde es utilizado en mayor proporción cualquiera sea la unidad de medida de disponibilidad empleada.

Folgar y Vega (2013) encontraron para una mezcla de festuca, trébol blanco y lotus manejada con dotación alta, media y baja; que el componente leguminosa se mantuvo en los tratamientos de baja dotación en torno al 30%, mientras que para los tratamientos de dotación intermedia y alta el mismo se redujo (de 25% hasta menos del 10% y de 20% a 15% respectivamente); atribuyendo estas diferencias a la mayor presión de selección en dichos tratamientos.

- Categoría o tipo de animal

El tipo de animal, también en cierta medida influye sobre el consumo. Taylor et al., citados por Rovira (2008) concluyeron de sus trabajos que existen reales diferencias entre razas en el consumo causadas por diferencias en peso vivo y que las mismas varían en relación con la edad. Por ejemplo, un ternero puede comer diariamente hasta más de un 3% de su peso vivo en materia seca, pero no así una vaca adulta, que por lo general no pasa del 2,5% aunque la pastura sea de excelente calidad.

- Pisoteo

Según Leaver, citado por Viglizzo (1981), otro factor inherente al pastoreo, y que es capaz de afectar la producción animal, es el pisoteo. Los animales en pastoreo pueden disminuir la producción y utilización de las pasturas al afectar en forma directa, o bien indirectamente al afectar el suelo.

La influencia del pisoteo en los sistemas pastoriles, fue estudiada por Edmond, citado por Viglizzo (1981) demostrando que el pisoteo afecta en forma diferencial a distintas especies forrajeras, ya que algunas muestran mayor sensibilidad que otras.

El pisoteo produce efectos directos sobre la pastura, pudiéndose destacar la destrucción de los puntos de crecimiento, el desgarrado y el enterrado de hojas y tallos, y el daño sobre los sistemas radiculares; así mismo el efecto de las pezuñas presiona el forraje contra el suelo y lo vuelve menos accesible al animal (Lapetina, 2014). Los mayores efectos del pisoteo sobre el suelo y la pastura se producen debido a que una pequeña superficie de apoyo (el área de la pezuña), debe sostener el peso total de los animales, lo cual genera presiones demasiado altas sobre el piso (Viglizzo, 1981).

- Deyecciones

Según Greenhalgh, citado por Viglizzo (1981) otro factor que guarda relación directa con la presión de pastoreo es la contaminación del forraje con excreciones animales. La contaminación con excreciones es un factor que limita la eficiente cosecha del forraje. En pastoreos intensivos, el 2-3% del área pastoreada puede estar contaminada con heces, y reducir el consumo estacional de pastoreo hasta en un 10%.

El área de pastura rechazada puede superar 6-12 veces el área contaminada según MacLucky, citado por Viglizzo (1981) pero esto depende de la presión de pastoreo ejercida. En concreto, la contaminación puede llegar a un importante desperdicio de pasto, por rechazo de las áreas sucias.

Reid y Cool, citados por Viglizzo (1981) coinciden en señalar que la contaminación por excreciones puede provocar una importante reducción inicial del consumo de los animales en pastoreo, y según Leaver, citado por Viglizzo (1981), los efectos negativos tienden a reducirse luego del primer pastoreo.

2.6.3. Interacción pastura-animal

“Al colocar al animal en contacto con la pastura, se introduce al sistema un conjunto de interacciones que requieren ser consideradas” (Viglizzo, 1981).

Numerosas evidencias demuestran que, a partir de cambios producidos en la carga animal pueden generarse cambios de distinta magnitud en la producción por animal y por unidad de superficie. Mott (1960) conjugó tales relaciones en su clásico modelo teórico en el cual describe, que una baja presión de pastoreo genera situaciones de subpastoreo y producción por animal elevada, debidas a la reducida competencia entre animales por los nutrientes de la pastura. Ello introduce por su parte, a una tasa de utilización forrajera baja, y a una producción animal por hectárea pobre.

Dentro de ciertos límites, a medida que la presión de pastoreo aumenta, se produce un crecimiento lineal de la producción por hectárea, hasta un nivel máximo a partir del cual la producción por animal se resiente tanto que induce a una caída de la producción por hectárea. Se llega así, a una situación de sobrepastoreo, a una fuerte competencia entre animales por el pasto disponible, y a una condición subnutricional, que afecta notoriamente la producción individual (Peterson et al., citados por Viglizzo, 1981).

Cuando la carga incrementa al punto tal que el alimento producido por la pastura es usado para los requerimientos de mantenimiento de los animales,

entonces el producto por animal será nulo. Varios investigadores han reportado un mayor producto por unidad de superficie cuando las pasturas se encontraban cargadas a una carga elevada, aunque el producto por animal fue más bajo. Es la opinión del autor que la carga óptima puede ser definida solamente como un rango óptimo, y esta capacidad de carga está algún tanto por debajo de lo que dará el máximo producto animal por unidad de superficie (Mott, 1960).

El subpastoreo resulta en una acumulación de forraje que no es utilizada. El sobrepastoreo resulta en un plano nutricional más bajo para el ganado y frecuentemente una herida a la pastura (Mott, 1960).

Agustoni et al. (2008) afirman que la cantidad de forraje disponible y remanente mostró un aumento de aproximadamente 400 kg/ha, al pasar de 2% a 7% de asignación de forraje.

Según Mott (1960) las consecuencias del sobre o subpastoreo se dan sobre la carga animal y la ganancia individual. El número de animales por día por unidad de área es una medida directa de la producción de forraje de la pastura. Si el investigador subestima la producción de forraje o sobreestima la tasa de consumo de los animales, la pastura no estará a su capacidad de carga y será subpastoreada. Si sobreestima la producción de forraje entonces la pastura será sobrepastoreada, resultando en una sobrestimación del número de días animales. Con respecto a la ganancia, cargando la pastura por debajo del óptimo usualmente resulta en una tasa mayor de producción. Esto se debe probablemente a las mayores oportunidades para la selección.

Arenares et al. (2011) trabajando sobre diferentes mezclas forrajeras del segundo año obtuvieron valores promedio de oferta de forraje de entre 5,6 y 7 kg MS/100 kg PV, para un primer y segundo pastoreo respectivamente.

Folgar y Vega (2013) encontraron que la oferta de forraje óptima se ubicaba en 5,1% (dotación de 2,17 animales/ha), lográndose ganancias individuales de 0,84 kg/animal/día y producciones de 269 kg/ha, sin ocasionar perjuicios sobre la pastura. Los mismos agregan que dicho valor de oferta de forraje concuerda con el óptimo obtenido en trabajos anteriores, si bien existen diferencias en el desempeño animal dadas por las condiciones particulares de cada trabajo.

Agustoni et al. (2008) sobre una pradera de segundo año evaluaron cuatro asignaciones de forraje (2; 4,5; 7 y 9,5%). En este experimento encontraron que la capacidad de carga animal óptima estaría comprendida entre 5,6% y 6,8%. En este trabajo se aporta que a bajas asignaciones (2% PV)

se logran buenas producciones de carne por hectárea, aunque esto es en el mediano plazo, contraproducente, ya que si bien se obtienen altos porcentajes de utilización del forraje, se afectan los componentes de la mezcla, aumentando la proporción de malezas y de suelo descubierto y perjudicando la producción futura de la misma. A altas asignaciones (9,5% PV) la producción de carne obtenida es similar al caso anterior, por lo tanto, se podría concluir que ninguno de los dos extremos es aconsejable en cuanto a la mezcla evaluada, sino que se debe encontrar el punto de equilibrio que permita obtener buenas producciones de carne y forraje sostenidas en el tiempo.

Almada et al. (2003) observaron que al aumentar la asignación de forraje se registró un aumento en la ganancia diaria por animal, alcanzando el máximo con la asignación de 7% del PV, no variando al aumentar la asignación a 9,5% del PV. La ganancia por hectárea en cambio, aumentó al disminuir la asignación de forraje. La producción por hectárea aumentó a medida que aumentó la carga. La mayor producción animal por hectárea al pastorear al 2% comparado con 4,5%, siendo que la cantidad de forraje desaparecido es menor, muestra que hubo una mayor eficiencia de conversión del forraje en producto animal al pastorear al 2%. La utilización de asignaciones entre 4,5% y 6% permitiría una adecuada ganancia por animal y por hectárea y un buen comportamiento de la pastura que no pondría en riesgo su persistencia futura.

El pastoreo insuficiente conduce a una gran masa de forraje sin valor nutritivo y que nos brindará bajos rendimientos en carne y leche. La orientación adecuada deberá ser la obtención de un balance entre la cantidad y la calidad del forraje producido en la pradera. Pastoreando en estado demasiado juvenil, el valor nutritivo será elevado, pero el rendimiento bajo y además tendrá insuficiente contenido en materia seca. Resumiendo lo enunciado anteriormente se llega al concepto, quizás, más importante en manejo de pasturas, que es cualquiera sea el método utilizado, la carga animal deberá ajustarse continuamente al crecimiento de la vegetación (Bignoli y Mársico, 1984).

- Utilización

El concepto de utilización de las pasturas debe abarcar más que el simple balance entre lo producido y lo consumido por parte del animal. La forma y el volumen de una pastura, que determina como ésta se presenta al pastoreo, es una cualidad intrínseca de la misma y es la respuesta al manejo de una serie de variables asociadas con su comportamiento. La utilización, productividad, calidad y evolución de las pasturas son variables estrechamente asociadas; una pastura bien utilizada aumenta su productividad, mejora su calidad y evolución con el transcurso del tiempo (Prada, 2011).

La presión de pastoreo es, quizás, la variable más importante introducida por el pastoreo, capaz de afectar la utilización de la pastura y su productividad. Por lo general el animal cosecha efectivamente sólo una proporción del forraje total producido, la mejora en la productividad por hectárea debida a aumentos de la carga animal se puede atribuir a una mejor utilización del forraje (Castel y Watson, citados por Viglizzo, 1981). Pero por otra parte, una mejor utilización de la pastura, no significa que cada animal ingiera más nutrientes; superados ciertos niveles de carga la producción individual comienza a resentirse y se establece una clara relación inversa entre ambas variables (Viglizzo, 1981).

Almada et al. (2007), trabajando con ofertas de forraje del 2; 4,5; 7; y 9,5 kg MS/día/100 kg PV obtuvieron utilidades del orden de 80%, 70%, 55% y 45% respectivamente. Agustoni et al. (2008) trabajando con las mismas ofertas obtuvieron valores de 65, 60, 55 y 45 % de utilización respectivamente. Por otro lado Arenas et al. (2011) con asignaciones de forraje del 5,5 y 6,7 kg MS/día cada 100 kg PV obtuvieron utilidades del forraje en torno a 50 y 62% respectivamente.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CONDICIONES GENERALES DEL EXPERIMENTO

3.1.1. Ubicación espacio-temporal del experimento

El experimento fue llevado a cabo en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni perteneciente a Facultad de Agronomía, Universidad de la República. La misma se encuentra ubicada sobre la ruta nacional No. 3, en el km 363, departamento de Paysandú. Concretamente la actividad se realizó en el potrero número 35, sobre la latitud 32°22'30.93" Sur y longitud 58°3'47.08" Oeste.

El trabajo fue realizado a partir del día 3 de julio del año 2014 y culminó el día 16 de diciembre del mismo año, abarcando seis meses del período invierno-primaveral.

Cabe mencionar que se fraccionó el período experimental en dos estaciones para la producción animal (invierno y primavera); mientras que para producción vegetal se dividió en invierno, primavera temprana y primavera tardía. El invierno, comenzó el 3 de julio teniendo fin el 28 de agosto para todos los parámetros de producción vegetal, y desde el 3 de julio al 15 de agosto para la producción animal. La primavera temprana, para la producción vegetal, comenzó el 28 de agosto y finalizó el 20 de octubre. Por último, la primavera tardía para producción vegetal inició el 20 de octubre, culminando el 16 de diciembre.

3.1.2. Descripción del sitio experimental

El sitio experimental se ubica sobre la formación geológica Fray Bentos, y de acuerdo con la carta de reconocimiento de suelos a escala 1:1.000.000 (Altamirano et al., 1976) el experimento se encuentra sobre la unidad de suelos San Manuel. Los suelos de esta unidad en las zonas altas son una asociación de Brunosoles Eútricos Lúvicos, de textura franco arcillo limosa, fertilidad alta y moderada a imperfectamente bien drenados, y Solonetz; pueden existir fases alcalinas que constituyen la transición entre ambos suelos mencionados. En las laderas existen Brunosoles Eútricos Típicos, profundos, moderadamente profundos y superficiales, de características similares a los mencionados en el grupo anterior.

3.1.3. Antecedentes del área experimental

La pastura en la que se trabajó provenía de un rastrojo de soja con un período de barbecho de 40 días a partir de la aplicación de glifosato a una dosis de 5 l/ha (480 g I.A.). La misma se sembró el día 30 de mayo del 2010 y fue fertilizada a la siembra con 150 kg/ha del fertilizante 7-40-0.

La mezcla está compuesta por las siguientes especies y sus respectivas densidades:

- *Festuca arundinacea* cv. Tacuabé, a 15 kg/ha,
- *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel, a 8 kg/ha,
- *Trifolium repens* cv. Zapicán, a 2 kg/ha.

La gramínea fue sembrada en líneas, mientras que las leguminosas fueron sembradas al voleo.

No se realizaron refertilizaciones en ningún momento del período experimental, así como tampoco aplicaciones de herbicidas. Sólo se realizó una pasada de rotativa en el tercer bloque a fines del invierno.

3.1.4. Diseño experimental

El experimento se realizó con un diseño en bloques completamente al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones. Cada bloque se encuentra subdividido en tres parcelas, cada uno con un tratamiento de dotación diferente:

- Alta (10 animales en invierno y 7 en primavera),
- Media (7 animales en invierno y 5 en primavera),
- Baja (4 animales en invierno y 3 en primavera).

La superficie del experimento abarca un total de 13,8 ha, en cuanto al área de cada bloque, el primero abarca 8,2 ha, el segundo 2,6 ha y el tercero 3 ha (ver figura No. 1).



Figura No. 1. Croquis de la distribución de bloques y parcelas en el área experimental.

3.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.2.1. Variables relevadas y calculadas

Con el objetivo de minimizar el error por apreciaciones subjetivas que puedan alterar los resultados obtenidos, las mediciones fueron recabadas por dos estudiantes en forma simultánea; sobre todo en variables como composición botánica y porcentaje de suelo descubierto.

- Altura del disponible y el remanente

Para relevar esta variable se tomaron 40 muestras por tratamiento, previo al ingreso de los animales a los bloques y posterior a su retirada; cada muestra fue obtenida mediante el promedio aritmético de tres alturas, las mismas fueron registradas con una regla en la diagonal de un rectángulo de 0,2m por 0,5; el criterio utilizado fue la hoja verde más alta que tocaba la regla.

- Materia seca disponible y remanente

La disponibilidad de materia seca se puede definir, como el total de la biomasa seca, expresada en kilogramos por hectárea presente en una pastura al inicio de cada pastoreo. Por otro lado el remanente es la materia seca en la pastura luego de retirados los animales en pastoreo.

Para la estimación de esta variable se utilizó una regresión entre altura del forraje y peso de materia seca obtenida de trabajos anteriores. A partir de la

misma se utilizaron los datos de alturas del forraje disponible y remanente relevadas a campo para este trabajo, convirtiendo así el dato de altura a materia seca expresada en kilogramos por hectárea, tanto para el disponible como para el remanente.

- Composición botánica y suelo descubierto por ausencia de cobertura vegetal

Otra de las variables estudiadas es la composición botánica, la cual hace referencia a la participación porcentual de cada fracción dentro de la mezcla forrajera: gramíneas, leguminosas, restos secos y malezas, y separadamente suelo descubierto de acuerdo con el método Botanal de Tothill et al. (1978). La estimación de la misma se realizó con un marco de 0,2 m por 0,5 m previo y posterior a cada pastoreo, en simultáneo con la medición de las alturas de disponible y de remanente, el número de observaciones también fue de 40 por tratamiento. El procedimiento consistió en estimar visualmente qué porcentaje del área dentro del marco correspondía a ausencia de cobertura vegetal, y posteriormente del total de suelo cubierto que porcentaje pertenecía a cada fracción botánica o a restos secos; de esta forma el suelo descubierto es un porcentaje separado de los demás componentes de la composición botánica. Mediante la comparación de los sucesivos valores de estas variables a lo largo del período estudiado, se cuantificó también la evolución en el tiempo de las mismas.

- Forraje desaparecido

Este parámetro es un resultado tanto del consumo de los animales durante un evento de pastoreo, como de la senescencia del forraje, el pisoteo de los animales y las deyecciones; cabe aclarar que estos últimos tres factores resultan en pérdidas de forraje que no se traducen en producción animal. Su cálculo se realiza a través de la diferencia entre la materia seca antes de un pastoreo y la materia seca residual después de éste; realizando un posterior ajuste por la tasa de crecimiento de la pastura durante el período de pastoreo. El mismo se expresa como kilogramos de materia seca por hectárea por la unidad de tiempo considerada (tiempo de pastoreo).

- Forraje producido

El mismo corresponde al disponible de un pastoreo ajustado por la tasa de crecimiento durante el período de pastoreo, menos el remanente del pastoreo anterior. Al igual que en la variable anterior, se expresa como kilogramos de materia seca por hectárea por la unidad de tiempo considerada.

- Tasa de crecimiento de la pastura

Hace referencia a la cantidad de materia seca producida por día por una pastura, es calculada como la diferencia de materia seca previo a un pastoreo y la materia seca del remanente del pastoreo anterior dividido entre los días en que la misma no fue pastoreada.

- Peso de los animales

Esta variable fue determinada utilizando una balanza electrónica y el procedimiento estuvo a cargo de un funcionario de Facultad de Agronomía. Se realizaron determinaciones en cuatro oportunidades durante el desarrollo del experimento en los días: 15/05 (peso inicial de los animales antes de comenzar con el experimento); 15/08 y 15/10 como medidas intermedias en el experimento y el peso final se registró el día 11/12.

- Producción de peso vivo por hectárea

A partir de las cuatro medidas de peso de los animales se procedió a la estimación de la producción animal; que corresponde a la diferencia entre peso inicial y final de los animales, esta variable se expreso en función de la superficie del experimento mediante la suma de la diferencia de peso de los animales q componen un tratamiento, (con la salvedad de incluir los animales que fueron retirados cuando se disminuyó la dotación ya que los kilogramos producidos durante el invierno también corresponden a la producción de la pastura).

- Ganancia diaria de peso

A partir del peso de los animales se obtuvo el valor de la ganancia de peso, que corresponde a la ganancia individual de un período dividido los días del mismo, permitiendo también expresar esta variable para cada estación, tanto en invierno como primavera, y la ganancia promedio del experimento.

- Oferta de forraje

La oferta de forraje fue calculada como los kilogramos de materia seca disponible, por día, cada 100 kg de peso vivo de los animales.

3.3. HIPÓTESIS

3.3.1. Hipótesis biológica

- ❖ Existen diferencias en cuanto a la producción de forraje de acuerdo a la dotación animal.
- ❖ La composición botánica de la pastura varía de acuerdo a las diferentes dotaciones animales.
- ❖ Existen diferencias, según la dotación animal, en la producción de carne por hectárea, así como en la ganancia individual de peso vivo.

3.3.2. Hipótesis estadística

$$H_0: t_1 = t_2 = t_3$$

$$H_a: t_1 \neq t_2 \neq t_3$$

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para realizar el análisis se utilizó un modelo estadístico de ANAVA en DBCA, con separación de medias según LSD de Fisher, al 10% de significancia. Se utilizó para ello el paquete estadístico Infostat (Di Rienzo et al., 2014).

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

Cada observación $Y_{ij} =$

μ : efecto de la media general

τ_i : efecto del i ésimo tratamiento $i = 1, 2, 3$

β_j : efecto del j ésimo bloque $j = 1, 2, 3$

ε_{ij} : error del i ésimo tratamiento en el j ésimo bloque

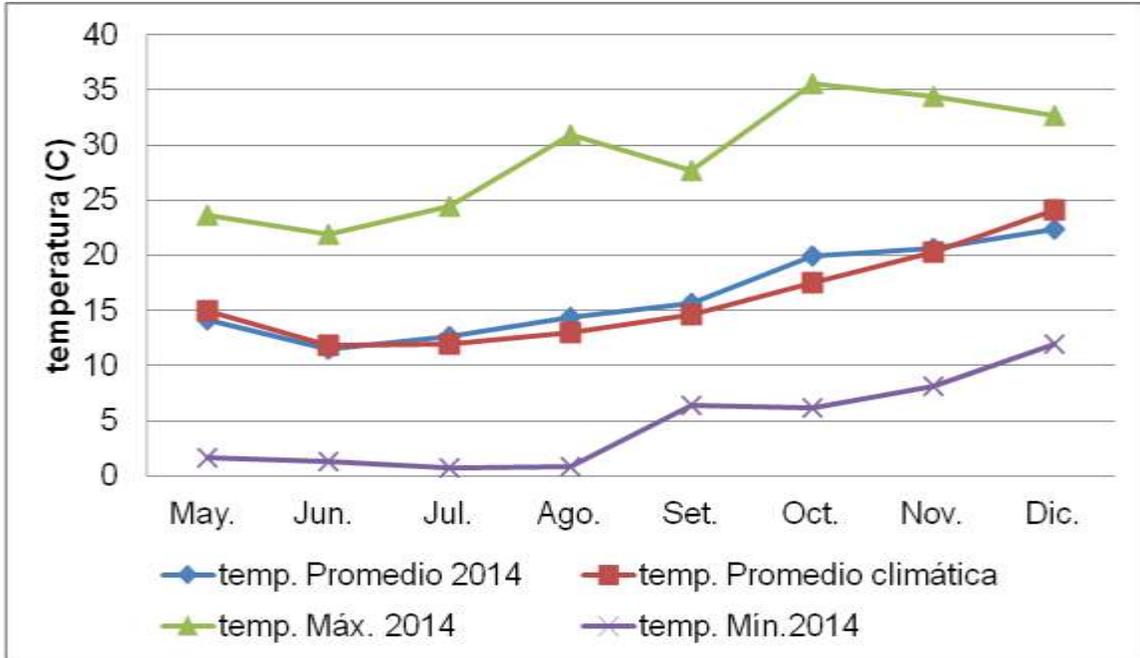
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN METEOROLÓGICA DEL PERÍODO EXPERIMENTAL

Una de las fuentes de variación, en la producción primaria de los sistemas pastoriles y en consecuencia en la producción animal, está dada por los fenómenos climáticos; los mismos son los principales responsables de las variaciones de producción anual de estos sistemas. En este contexto se comienzan a definir los resultados del presente experimento a partir de la caracterización del año en materia del comportamiento meteorológico; no sólo de los meses en estudio, sino también de los anteriores, ya que el mismo puede llegar a tener un efecto residual sobre la producción por un período variable según el evento considerado.

El clima en Uruguay tiene la característica de que las variaciones no son iguales para los diferentes parámetros, en este caso se considerarán temperaturas y precipitaciones. En cuanto a las temperaturas, si se observan las mismas de forma intra-anual cambian mucho entre los meses del año; pero poco entre los mismos meses de diferentes años. Este es el caso del período en estudio; a continuación se presenta una gráfica donde se puede observar la semejanza entre las temperaturas promedio mensuales del 2014 y de una serie histórica de años (1961-1990). También a modo de reflejar la amplitud térmica se graficaron las temperaturas promedio, mínimas y máximas mensuales para el año en estudio.

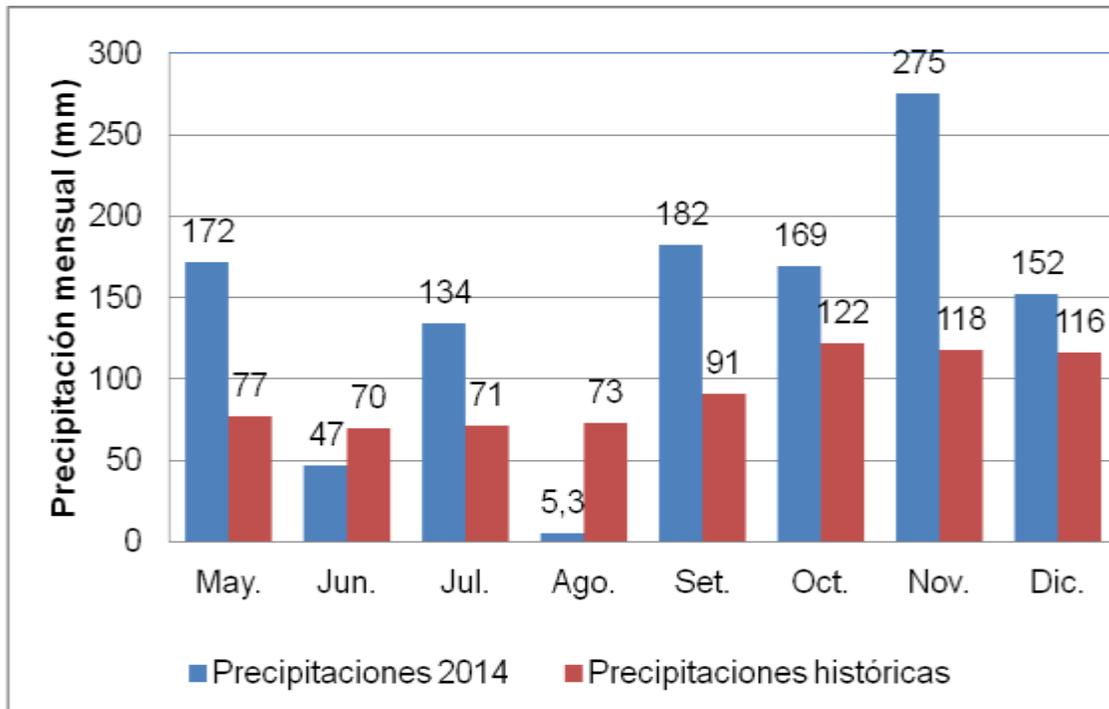
Gráfica No. 1. Régimen térmico para el período experimental y para la serie histórica 1961-1990.



Según Carámbula (2010a) las especies de metabolismo C_3 como *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* presentan un buen desarrollo con temperaturas entre 15°C y 20°C . Con respecto a ello se puede decir que las temperaturas máximas en el período experimental (julio a diciembre siempre superaron el rango mayor mencionado por Carámbula (2010a); en cambio las temperaturas mínimas fueron menores al rango inferior durante todo el período experimental. Este régimen de temperaturas determina que las temperaturas promedio estén dentro del rango óptimo de funcionamiento de las especies solamente entre los meses de setiembre, octubre y noviembre.

Un comportamiento diferente tienen las precipitaciones, las variaciones entre los mismos meses de años diferentes son muy grandes, presentándose también en el caso en estudio variaciones en la cantidad de precipitaciones entre años, (gráfica No. 2) así como entre número de eventos de precipitación, intensidad y duración de los mismos (no se muestran los datos). Al observar la gráfica se puede ver que en el año estudiado (2014) las precipitaciones fueron mayores al promedio de la serie histórica (1900 mm contra 1200 mm), si bien la distribución de la misma siguió un comportamiento semejante, donde los meses de primavera y otoño presentaron mayores precipitaciones acumuladas y los meses invernales fueron los más secos.

Gráfica No. 2. Régimen de precipitaciones para el período experimental y para la serie histórica 1961-1990.



También se debe considerar que estos factores meteorológicos (conjuntamente con otros) interactúan entre sí; a fin de reflejar los tipos de interacción que se pueden haber dado se realizó un balance hídrico mensual para todo el año 2014. Para el mismo se tomó arbitrariamente una capacidad de almacenamiento de agua de 110mm y se utilizaron los datos de precipitaciones, y evapotranspiración potencial proporcionados por la estación meteorológica de la estación experimental que se ubica en el mismo predio donde se realizó el experimento. De este balance surgió que los excesos de agua fueron de una magnitud cercana a los 550mm y se produjeron en los meses de mayo, julio, noviembre y diciembre; mientras que los déficits fueron cercanos a los 10mm. Estos datos marcan una diferencia con un año climáticamente neutro, donde son comunes los déficits hídricos hacia el final del año y excesos hídricos en la época invernal.

4.2. PRODUCCIÓN DE FORRAJE

4.2.1. Forraje disponible

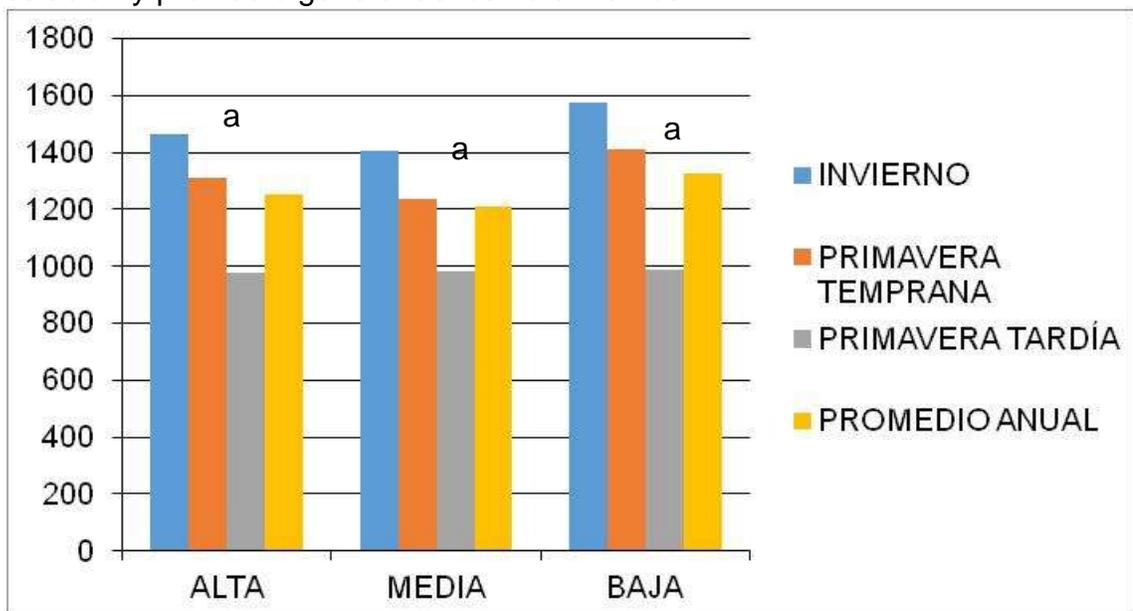
A continuación se presentan los resultados de cantidad y altura del forraje disponible estacional y promedio para todo el período experimental en función de los tratamientos, así como la evolución del disponible en función de los pastoreos.

A pesar de que a efectos del experimento los tratamientos utilizados son catalogados como de alta, media y baja dotación, cabe aclarar que en realidad las asignaciones de forraje fueron restrictivas; es decir, que incluso el tratamiento de alta asignación de forraje corresponde a una asignación de forraje intermedia a baja, en comparación a las condiciones productivas promedio.

4.2.1.1. Cantidad de forraje disponible

Esta variable fue medida previo al ingreso de los animales antes de cada evento de pastoreo, en este caso se presenta un promedio de los disponibles para cada tratamiento discriminados por estación y un promedio de las estaciones por tratamiento.

Gráfica No. 3. Promedio de disponibles por tratamiento para cada estación y promedio general de los tratamientos.



*Medias con letras distintas difieren significativamente (pvalor>0,10).

Como se puede observar en la gráfica, los disponibles del experimento no tuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, ello quiere decir que todos los tratamientos tuvieron estadísticamente igual oferta de alimento para los animales en todo el período.

Los datos del presente experimento no coinciden con los reportados por Folgar y Vega (2013), quienes establecieron diferencias en cuanto a la disponibilidad del forraje en los tratamientos extremos, siendo mayor el forraje disponible en el tratamiento de menor dotación (0,87 animales/ha).

En cuanto a la cantidad de disponible, se puede decir que es menor a la encontrada por Arenares et al. (2011), los cuales entre los meses de mayo y diciembre, obtuvieron para una mezcla de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, disponibilidades promedio de 1860 kg/ha MS y el promedio del presente experimento fue de 1272 kg/ha promedio.

A pesar de que no existieron diferencias estadísticas en el análisis de comparación, hay que tener en cuenta que se trabaja con promedios, debido a ello se decidió realizar un estudio de mínimos y máximos. Para ello se utilizaron los promedios de cada tratamiento en cada bloque de todas las veces que los animales ingresaron en las parcelas. A partir de dicho análisis se obtuvo que los datos tengan una desviación estándar de 304 kg, indicando que hay una gran variación en los valores de los disponibles, siendo el coeficiente de variación de 24,3. El máximo valor de disponible es de 2050 kg/ha MS, el mismo se encontró (como era esperable) en el tratamiento de baja dotación en la estación de invierno. Por otro lado el mínimo valor de disponible se dió, como era esperable también, en el tratamiento de alta dotación, en la estación de primavera tardía.

En este trabajo, las diferencias en cuanto a la disponibilidad son significativas entre estaciones ($p_{valor} > 0,1$); la mayor disponibilidad se encontró en el invierno, en segundo lugar la primavera temprana y por último la primavera tardía; esto se observó en los tres tratamientos del experimento, registrándose una caída desde el invierno hacia la primavera.

Una explicación de la mayor disponibilidad invernal sería la acumulación de forraje previo al inicio del experimento; pero también se puede mencionar que el componente de la mezcla con mayor frecuencia es la festuca, cuyo ciclo de producción es invernal precoz y según Snaydon, citado por García (2003) en el quinto año de la pastura la producción de la festuca tiende a aumentar. El segundo componente sembrado en importancia es el trébol blanco, cuya producción también es invernal. Otro componente que explica la mayor disponibilidad invernal es la estructura vertical de la pastura, donde la mayor cantidad de materia seca se encuentra en los primeros centímetros, por lo tanto

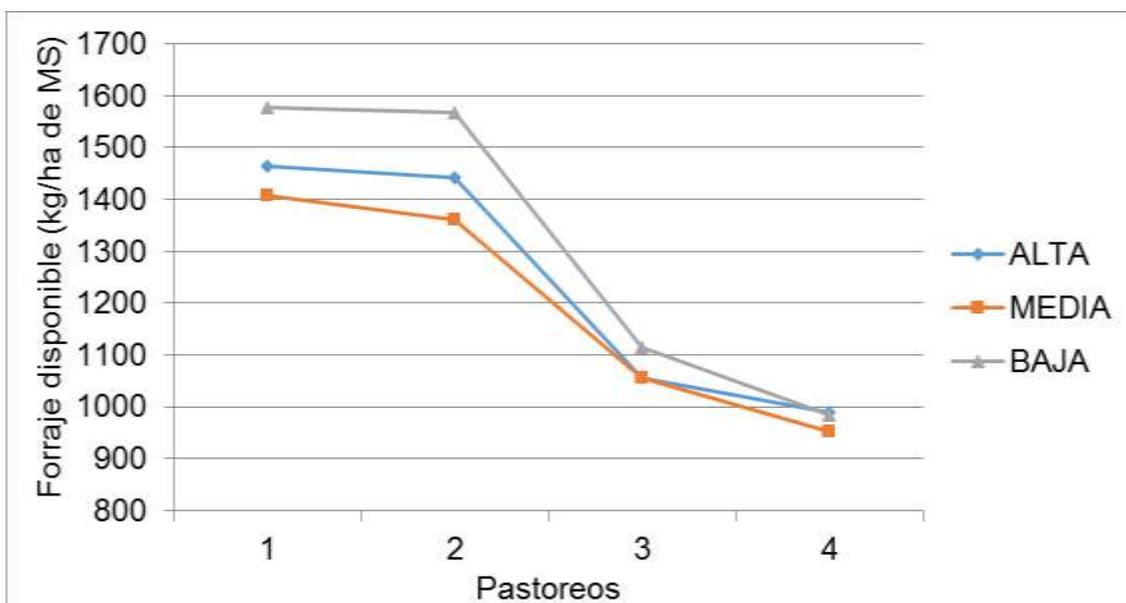
a pesar de tener mayores volúmenes, los mismos están menos disponibles en esta estación.

El menor disponible en la primavera temprana y aún más en la primavera tardía puede explicarse porque las condiciones en ésta estación son más similares a las condiciones estivales y como se verá más adelante, el componente estival de la mezcla (lotus), tuvo una frecuencia muy escasa.

4.2.1.2. Evolución del forraje disponible

A continuación se presentan las evoluciones de los disponibles previos al ingreso de los animales para todo el período experimental, según tratamiento.

Gráfica No. 4. Evolución del forraje disponible en función de los pastoreos por tratamientos.



A partir del gráfico anterior se demuestra como el forraje disponible disminuye conforme los pastoreos avanzan en el tiempo. Si bien al inicio del experimento se aprecia una clara distinción entre tratamientos en cuanto al forraje disponible, en el orden baja, alta y media (de mayor a menor), al final del período las diferencias entre tratamientos desaparecen, finalizando todos con un disponible similar y en torno a los 1000 kg/ha MS.

Carámbula (2010a), cita disponibilidades de 1500 kg/ha a 2000 kg/ha como las que permiten obtener las mayores producciones de forraje invernal y anual, además de mejorar la persistencia productiva de las especies

componentes de la mezcla, por lo cual desde el inicio del experimento hasta el segundo pastoreo las disponibilidades fueron las óptimas para la producción de invierno (en los tratamientos de alta y baja carga), pero a partir del segundo pastoreo, comenzando la primavera y en adelante, las disponibilidades fueron muy limitantes. También cabe mencionar que el tratamiento de dotación intermedia nunca alcanzó las disponibilidades óptimas. Por lo cual, a partir de la primavera e independientemente de los tratamientos la producción futura de la pastura se habría perjudicado.

Todos los tratamientos partieron de disponibles que se ubicaban en valores de entre 1400 y 1600 kg/ha MS, los cuales se mantienen así hasta el segundo pastoreo, sin embargo, es a partir del anterior que existe una caída abrupta en los mismos, alcanzando valores en torno a los 1100 kg/ha MS; dicha caída se enmarca en el pasaje del invierno a la primavera. Este comportamiento se explica por el descenso en la tasa de crecimiento que ocurre entre el segundo y tercer pastoreo, conjuntamente con las condiciones climáticas (altas precipitaciones y temperaturas cálidas), como se verá más adelante al analizar el parámetro tasa de crecimiento.

De Souza y Presno (2013) en una mezcla forrajera del tercer año con asignaciones de forraje de 23%; 8,7% y 6,6%; concluyeron que la evolución de las disponibilidades durante 4 pastoreos es similar, donde el tratamiento de 23% AF presenta un disponible mayor; este efecto ocurrió al acercarse hacia los meses primaverales, por lo que la baja carga no fue capaz de controlar el encañado. Lo último no concuerda con lo encontrado en el presente experimento, sin embargo en el mismo se trabajó con asignaciones mucho menores, de 2,7%, 3,6% y 6,8%, como ya se mencionó estas asignaciones resultaron muy restrictivas.

4.2.1.3. Altura del disponible

Se procederá a presentar las alturas promedio de los disponibles, medidas previamente al comienzo de cada pastoreo, analizando también sus valores mínimos y máximos, así como la desviación de los datos.

Cuadro No. 1. Alturas de forraje disponible por tratamiento, según estación y totales; mínimo, máximo y desvío estándar.

ALTURAS DE DISPONIBLES (cm)							
TRAT.	Invierno	P. Temprana	P. Tardía	Total Período	Máx. (cm)	Mín. (cm)	Desvío Estándar (cm)
ALTA	13,2 a	11,8 a	9,4 a	11,5 a	15,1	8,4	2,2
MEDIA	11,5 a	10,1 a	9,2 a	10,3 a	14,7	8,1	1,9
BAJA	12,7 a	11,3 a	9,2 a	11,1 a	16,5	7,5	2,8

*Medias con letras distintas difieren estadísticamente (pvalor>0,10).

En primer lugar, se observó que no se detectaron diferencias significativas para las alturas entre los tratamientos en ninguna estación, ni en todo el período. Sí existen diferencias cuando comparamos los valores de altura disponible de cada tratamiento entre la estación de primavera y la de invierno; siendo mayores las alturas del invierno para todos los tratamientos, lo cual no sería lo esperable ya que en primavera se da el pasaje desde fase vegetativa a reproductiva (alargamiento de entrenudos) en el caso del componente gramínea (que es quien predomina en la mezcla), lo cual podría indicar que la pastura en general estuviera siendo sobrepastoreada o que la carga animal fuera la suficiente para remover los ápices reproductivos en estadios tempranos y por tanto no se manifestara el cambio en altura esperable.

Carámbula (2010a), cita alturas de 10-15 cm para *Festuca arundinacea*, intentando con este manejo que no se formen maciegas; por lo cual si observamos los valores totales promedio de las alturas, se puede decir que las mismas se encontraban dentro de este rango, aunque muy cercanas a su límite inferior (en torno a 10 cm).

En el mismo sentido, Zanoniani et al. (2006), proponen para pasturas de este tipo alturas de ingreso de 15-20 cm, estos valores fueron alcanzados solamente en algunos casos ya que sólo las alturas máximas se asemejan al límite inferior del rango citado por los autores, pero refiriéndonos a todo el período y estacionalmente, en promedio, no se alcanzaron las mismas.

Al analizar los mínimos, máximos y desvío estándar para todo el período, podemos observar que tanto la máxima como la mínima altura se dan en el tratamiento de baja dotación lo cual es esperable según Hodgson (1990) ya que al haber un menor número de animales por unidad de superficie existe un menor consumo de forraje por hectárea, generando una pastura con mayor altura. El mismo autor agrega que el animal en pastoreo selecciona su alimento de cada parche de pastoreo, ocasionando a bajas dotaciones una mayor heterogeneidad de la pastura, lo cual explicaría también que en el presente experimento el mayor desvío estándar se diera en el tratamiento de menor dotación animal.

Folgar y Vega (2013) encontraron, sobre la misma pastura con igual dotación animal, disponibles de 13,1 cm (alta), 16,1 cm (media), 15,8 cm (baja); alturas mucho mayores a las del presente experimento; aunque estos autores trabajaron con una pastura de tercer año, mientras que la del presente experimento se encuentra en su quinto año de vida. Lo mismo se aplica en relación a los resultados obtenidos por Arenares et al. (2011), quienes obtuvieron alturas de 13 cm para la misma mezcla en su segundo año de vida.

Los resultados sí son similares a los obtenidos por Agustoni et al. (2008) quienes obtuvieron alturas disponibles de 10,8 cm para una asignación de forraje del 4,5 %, similar a la del presente experimento.

Se procedió a calcular el promedio estacional para las alturas, a partir del mismo podemos afirmar que sólo en el invierno y primavera temprana hubieron alturas cercanas a las citadas por Carámbula (2010a), de 10-15 cm para *Festuca arundinacea*; y en la primavera tardía las alturas menores estarían indicando un manejo más intenso de la pastura.

Cuadro No. 2. Alturas promedio, mínimos, máximos y desvíos estándar estacionales para la altura del forraje disponible.

	Altura promedio (cm)	Mín. (cm)	Máx. (cm)	Desvío Estándar (cm)
INVIERNO	12,5	7,5	16,5	3,0
P. TEMPRANA	11,1	8,1	13,8	1,8
P. TARDÍA	9,3	8,1	11,4	1,1

Al analizar el cuadro anterior se puede apreciar como en el invierno, a pesar de encontrarse las alturas promedio mayores, también se dan los mínimos menores y máximos mayores (en relación a la primavera, tanto temprana como tardía); delatando una marcada heterogeneidad que se refleja

en el mayor desvío estándar invernal. En la primavera, los mínimos son mayores y los máximos son menores si se los compara a los del invierno, con alturas promedio menores y desvíos estándar más bajos, denotando una pastura más homogénea en cuanto a la altura.

Como ya se mencionó anteriormente, la tasa de crecimiento de la pastura en el pasaje de invierno a primavera (lo que correspondería al tiempo entre el segundo y tercer pastoreo) fue baja, explicando las menores alturas del disponible en esta última estación; ésta baja tasa de crecimiento es consecuencia no sólo de las condiciones ambientales, sino del estado fisiológico de las plantas debido a que como ya se explicó la presión de pastoreo fue muy intensa en el invierno removiendo ápices reproductivos tempranamente.

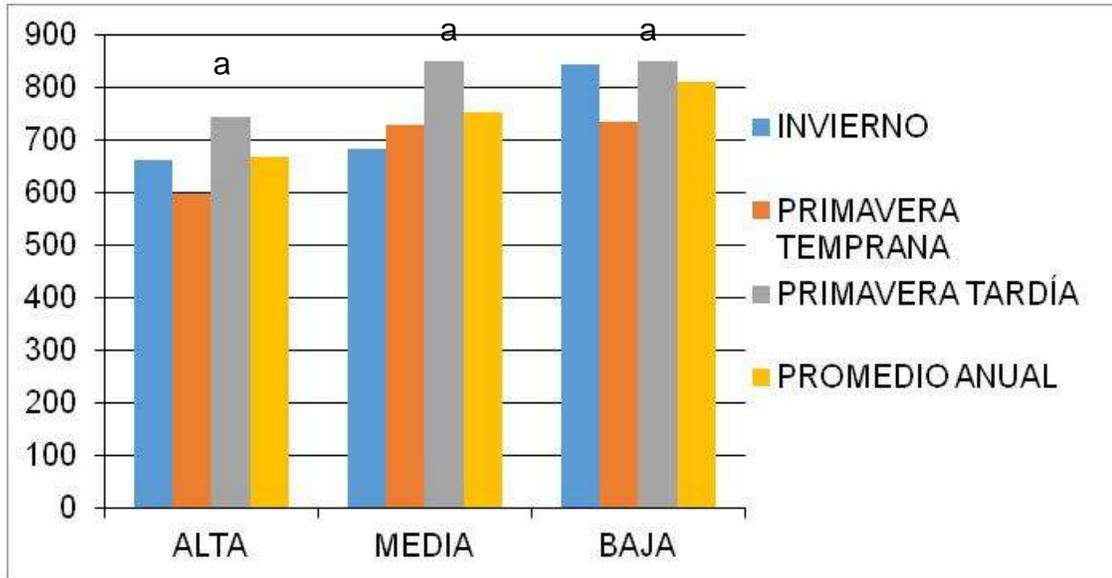
4.2.2. Forraje remanente

Según Carámbula (2010b) el método de utilización dado por la intensidad, altura del rastrojo al retirar los animales, no sólo afecta el rendimiento de cada corte o pastoreo, sino que condiciona el rebrote y por lo tanto la producción subsiguiente, así como la vida misma de la pastura. En base a lo anterior se analizó el forraje remanente con el objetivo de determinar la intensidad de los pastoreos y discutir así el efecto de dicho parámetro sobre la persistencia y productividad de la mezcla en estudio.

4.2.2.1. Cantidad de forraje remanente

En cuanto a la cantidad de remanente, la situación es similar que para el disponible, no encontrándose diferencias entre los tratamientos, pero sí observándose que en general incrementa a medida que las dotaciones disminuyen.

Gráfica No. 5. Forraje remanente promedio por tratamiento para cada estación y promedio general de los tratamientos.



*Medias con letras distintas difieren significativamente (pvalor>0,10).

De Souza y Presno (2013), en una mezcla forrajera de tercer año con asignaciones de forraje de 23%; 8,7% y 6,6%; encontraron que el tratamiento de 23% de AF tuvo diferencias significativas para el remanente promedio, coincidiendo con el tratamiento que tuvo inicialmente mayor forraje disponible. En este trabajo, los autores concluyen que mayores ofertas de forraje resultan en mayores remanentes, debido a que la demanda de los animales es superada por la oferta y por lo tanto los mismos consumen sin restricciones; esto no fue la situación del experimento en estudio, donde la cantidad inicial de forraje resultó limitante. Sin embargo De Souza y Presno (2013) expresaron que con cargas más altas (8,7% y 6,6% de asignación de forraje) los remanentes se mantienen más estables a lo largo del período experimental, esto sí es concluyente con lo registrado en este trabajo, dado que las asignaciones de forraje de los tres tratamientos fueron semejantes a las asignaciones alta y media del trabajo de De Souza y Presno (2013).

Los datos del presente experimento coinciden con los reportados por Folgar y Vega (2013) para el forraje remanente, quienes observaron un similar comportamiento de todos los tratamientos a medida que transcurrieron los pastoreos, teniendo un comportamiento similar a la observada en el disponible.

Si se analiza el promedio de todos los remanentes de los tres tratamientos en todas las estaciones, el mismo es de 734 kg/ha MS dato

bastante similar al encontrado por Arenares et al. (2011), quienes entre mayo y diciembre, registraron un forraje remanente de 660 kg /ha MS en una mezcla de festuca, trébol blanco y lotus.

A pesar de haber encontrado algunas semejanzas entre estos resultados y ciertos trabajos revisados en la bibliografía, se esperaba que los tratamientos de baja carga tuvieran mayores remanentes que los de alta; debido a ello se procedió a hacer un análisis de mínimos y máximos, utilizando como base de datos los remanentes de cada parcela luego de cada salida de los animales en todos los pastoreos estudiados. Este análisis indicó que el máximo valor de remanente fue de 1140 kg/ha MS para el tratamiento de baja en la estación de invierno. Por otro lado el mínimo valor se registró en el tratamiento de media también durante el invierno.

De acuerdo con Milligan, citado por Smetham (1994), en pasturas pastoreadas rotativamente, la biomasa del forraje remanente después del pastoreo es frecuentemente menor a 1000 kg/ha MS y tan baja como de 300 a 600 kg/ha de forraje. En este sentido, para todo el período en general, los remanentes fueron mayores a los mencionados; y continuando con lo expuesto por dicho autor una mayor cantidad de forraje es dejada para que envejezca y muera, siendo la acumulación de material muerto consecuentemente más rápida.

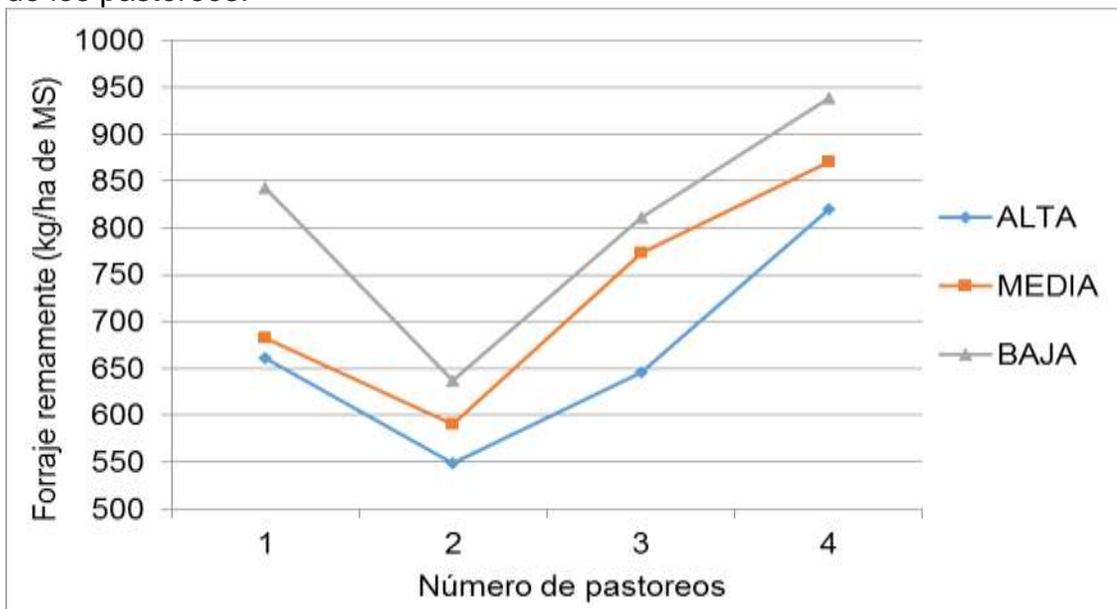
Hunt et al., citados por Smetham (1994) mencionan como ejemplo, que la acumulación de forraje muerto estaba ocurriendo a una tasa diaria de 41 kg/ha en donde la pastura se mantuvo cortada entre 10 y 14 cm, pero sólo a 12 kg/ha cortada hasta 2,5 cm; por lo cual frente a alturas de remanentes intermedias, como las encontradas en el presente experimento, se estaría evidenciando una acumulación intermedia de material muerto. Como se verá más adelante cuando se analice la composición botánica, los restos secos representaron una proporción importante del forraje producido (entre 35% y 15%).

A pesar de no encontrarse diferencias significativas entre los tratamientos, los remanentes según estación si se diferenciaron a un nivel de significancia del 10%. En este sentido la primavera tardía obtuvo los valores de remanentes mayores para todos los tratamientos, diferenciándose de la primavera temprana, que promedió los menores valores de la variable; mientras que el invierno no se diferenció de ninguna de las anteriores. Los valores promedio de todos los tratamientos por estación fueron de 830 kg/ha de MS para primavera tardía, 729 kg/ha de MS en el invierno y 676 kg/ha de MS en primavera temprana.

4.2.2.2. Evolución del forraje remanente

En el siguiente gráfico se presentan los datos que reflejan la evolución de los remanentes en kilogramos de materia seca por hectárea para los sucesivos pastoreos relevados.

Gráfica No. 6. Evolución del forraje remanente por tratamiento en función de los pastoreos.



En primer lugar se puede apreciar como al inicio del período experimental el remanente del tratamiento de baja dotación se aleja mucho de los remanentes de dotación alta y media, con valores de casi 850 kg/ha MS frente a valores de entre 650 y 700 kg/ha MS, respectivamente. Cabe mencionar que los animales eran cambiados de bloque una vez que el tratamiento de alta dotación alcanzaba remanentes de 5 cm, por lo cual era esperable que el tratamiento de baja dotación tuviera remanentes mayores.

También se puede distinguir un comportamiento diferente a los disponibles, en donde los mismos disminuían a medida que avanzaban los pastoreos, los remanentes en general para todos los tratamientos alcanzaron un mínimo en el segundo pastoreo y luego aumentaron hasta alcanzar sus máximos en el cuarto pastoreo. La disminución de los remanentes en el segundo pastoreo puede explicarse por la relación entre el crecimiento y el forraje desaparecido, ya que para el mismo aumenta el desaparecido y disminuye el crecimiento. A partir del tercer pastoreo los remanentes aumentan alcanzando valores de entre 800 y 900 kg/ha MS, mucho mayores a los

remanentes iniciales, explicándose por el incremento del crecimiento en relación al desaparecido.

4.2.2.3. Altura del remanente

A continuación se presentan las alturas de los remanentes, para cada estación y para el período total, así como los máximos, mínimos y desvíos estándar, en función de los diferentes tratamientos.

Cuadro No. 3. Alturas del forraje remanente por tratamiento según estación, totales; mínimos, máximos y desvíos estándar.

ALTURAS DE REMANENTES (cm)							
TRAT.	Invier- no	P. Temprana	P. Tardía	Total Período	Máx. (cm)	Mín. (cm)	Desvío están- dar (cm)
ALTA	6,3 a	6,1 a	7,4 a	6,6 a	9,0	5,5	1,1
MEDIA	6,2 a	6,0 a	7,8 a	6,7 a	9,0	4,4	1,4
BAJA	7,4 a	7,1 b	8,6 a	7,7 b	9,8	4,1	1,7

*Medias con letras distintas difieren estadísticamente (pvalor>0,10).

Como se aprecia en el cuadro anterior no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para invierno ni para primavera tardía, pero sí en primavera temprana y en el promedio de todo el período experimental. Las diferencias en la primavera temprana se dan entre los tratamientos de alta y media dotación con respecto al tratamiento de baja dotación, el cual tuvo una altura de remanente mayor a los dos primeros, explicado por el manejo del remanente en función del tratamiento de alta dotación.

Zanoniani et al. (2006), mencionan alturas óptimas de remanente entre 5 y 7 cm como no limitantes para la productividad de la pastura, en general los remanentes se ubicaron en este rango de alturas, aunque en invierno y primavera temprana se encontraron ligeramente por debajo del mismo para los tratamientos de alta y media dotación, así como para el total del período.

En primavera tardía el tratamiento de alta dotación alcanzó remanentes de 8,6 cm, en el cual el crecimiento fue mucho mayor que el desaparecido, aun así siendo estadísticamente igual a los demás remanentes.

En el mismo sentido, Fulkerson y Slack (1995), determinaron que la defoliación hasta 5 cm es probablemente la óptima altura para el rebrote posterior. La defoliación hasta 2 cm parece ser muy severa para el rebrote,

particularmente para plantas con bajos niveles de carbohidratos iniciales. Si bien era de esperarse un rápido crecimiento post-defoliación con remanentes a 12 cm, este efecto no se encontró, a pesar de que hubo un remanente de hojas considerable en el rastrojo de 12 cm, mientras que no hubo casi remanente de hojas en los tratamientos de 2 y 5 cm. La falta de efecto puede deberse al sombreado por las hojas de macollos hijos residuales, y también al hecho de que los residuos más viejos son fotosintéticamente ineficientes. En base a esto, se puede decir que las alturas logradas fueron superiores a las óptimas mencionadas por estos autores y que el tratamiento de baja dotación, al tener los mayores remanentes, debería demostrar un rebrote más rápido, por lo cual sería esperable una mayor tasa de crecimiento en el mismo tratamiento; aunque esto no ocurrió, probablemente por la misma razón fundamentada por Fulkerson y Slack (1995, ver tasa de crecimiento).

Los datos presentados son similares a los obtenidos por Agustoni et al. (2008), Fariña y Saravia (2010), pero mayores a los obtenidos por Arenares et al. (2011).

En cuanto a los remanentes mínimos y máximos, los mismos se dan para el tratamiento de baja dotación, así como el mayor desvío estándar; lo que se debe a la heterogeneidad causada por la mayor selección realizada por los animales en este tratamiento, como se explicó cuando se analizaron las alturas disponibles. Cangiano (1997) agrega que el exceso de forraje respecto a la demanda animal genera heterogeneidad de los atributos estructurales de la pastura ya que los animales tienen mayor oportunidad de seleccionar, cosechando algunas partes y rechazando otras.

Lo anterior también concuerda con lo observado para los tratamientos de dotación intermedia y alta, en los cuales los remanentes son similares entre sí por la menor oportunidad de selección que tienen los animales, coincidiendo también con lo expuesto por Mott y Cubillos (1969).

Cuadro No. 4. Alturas promedio, mínimos, máximos y desvíos estándar según estaciones, para el forraje remanente.

	Altura promedio (cm)	Mín. (cm)	Máx. (cm)	Desvío Estándar (cm)
INVIERNO	6,7	4,1	9,8	1,9
P. TEMPRANA	6,4	5,2	8,1	0,8
P. TARDÍA	7,9	5,9	9,6	1,4

A partir del cuadro anterior se puede apreciar como los remanentes mínimos y máximos se dan en el invierno; al igual que ocurre con los disponibles, esto puede deberse a que los animales, en comparación a la estación de primavera presentan un menor consumo individual relacionado al mayor peso vivo primaveral, lo que determina alturas remanentes mayores en invierno, con una recuperación más rápida de la pastura en este período.

4.2.3. Forraje desaparecido

Mediante los datos de disponibles, remanentes y tasas de crecimiento fue posible calcular la cantidad de forraje desaparecido en cada tratamiento tras el consumo de los animales. Con estos datos se realizó un promedio del forraje desaparecido así como la sumatoria del desaparecido total.

Cuadro No. 5. Materia seca desaparecida, estacional y promedio, según tratamiento.

TRATAMIENTO	Invierno	Primavera temprana	Primavera tardía	Promedio
ALTA	803,8 a	734,5 a	275 a	614 a
MEDIA	724,4 a	602,8 a	121 a	515 a
BAJA	734,0 a	730,8 a	123 a	557 a

*Medias con letras distintas difieren estadísticamente (pvalor>0,10.)

Como se aprecia en el cuadro, el forraje desaparecido no tiene diferencias significativas entre los tratamientos, esto quiere decir que las diferencias en la cantidad de forraje a la entrada de los animales en relación a la salida de los mismos, fue igual para todos los tratamientos. Estos datos concuerdan con lo encontrado por Folgar y Vega (2013), quienes trabajando en la misma pastura con dotaciones similares a la del presente experimento no registraron diferencias entre tratamientos para el promedio del desaparecido ni para el desaparecido total. Sin embargo, el valor del desaparecido es notoriamente diferente, ya que Folgar y Vega (2013) encontraron promedios para esta variable de 1322 kg/ha MS; 1411 kg/ha MS; y 1474 kg/ha MS; para los tratamientos de alta, media y baja dotación respectivamente; de todas formas en el experimento de dichos autores, además de tratarse de una pastura más joven, también se realizaron fertilizaciones invernales que explican en parte los elevados kilogramos producidos.

Cabe recordar que el forraje desaparecido es un resultado tanto del consumo de los animales como de la senescencia del forraje, el pisoteo y las deyecciones, por lo que resulta lógico que estos últimos tres factores no se traduzcan en producción animal. Con respecto a lo anterior, Chapman y

Lemaire (1993) mencionan que generalmente en tratamientos donde la dotación es baja, el forraje desaparecido tiende a parecerse menos al forraje realmente consumido, ya que el intervalo de defoliación es superior a la vida media foliar, por lo que una mayor proporción de material verde puede perderse por senescencia aumentando la diferencia entre la producción primaria y la cosechable; explicando parcialmente los resultados obtenidos en este experimento.

Almada et al. (2007) observaron que la producción por hectárea aumentó a medida que aumentó la dotación, y que ésta mayor producción al pasar de 2% a 4,5% de AF ocurrió con una menor cantidad de forraje desaparecido, delatando una mayor eficiencia de conversión del mismo; también coincidiendo con lo observado en el presente estudio.

Sin embargo, si se mira el desaparecido estacionalmente se encuentran diferencias estadísticas, diferenciándose la cantidad de desaparecido de la primavera tardía en relación a la primavera temprana y al invierno; estas dos últimas estaciones tuvieron desaparecidos de 689 kg/ha de MS y 755 kg/ha de MS respectivamente, valores muy superiores a los de la primavera tardía.

4.2.3.1. Porcentaje del desaparecido

Debido a la relevancia de este parámetro se considera importante desglosar el mismo en función de su relación con la producción total como con el forraje disponible.

En relación a lo producido

Para el tratamiento de alta dotación, la materia seca que desaparece aumenta a medida que se suceden los pastoreos y se acerca el verano (61,9% en invierno, 69% en primavera temprana y 68,9% en primavera tardía). Esto no coincide con lo expuesto por Folgar y Vega (2013), quienes exponen que a medida que se acerca la primavera el desaparecido tiende a equilibrarse con la producción de forraje.

Para el tratamiento de baja dotación los porcentajes fueron de 168,9% en invierno, 74% en primavera temprana y 29,7% en primavera tardía. Resulta interesante que en el invierno exista un valor que sea superior al 100%; esto ocurre simplemente porque el desaparecido fue mayor a la producción del período de descanso corregido por los días de pastoreo. Debido a lo anterior, es posible afirmar que los animales en estas ocasiones consumieron forraje que se había acumulado previamente y que el crecimiento de la pastura no fue capaz de compensar este consumo.

Si se analiza el promedio de los tratamientos para todo el período, no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos (66,5% alta, 67,1% media y 90,8% baja). Estos resultados concuerdan con que para el desaparecido, en términos de kilogramos por hectárea, tampoco existieron diferencias entre tratamientos.

También se encontraron diferencias entre la utilización porcentual de todo el experimento con lo reportado por Agustoni et al. (2008), quienes registraron una disminución en la utilización de forraje a medida que aumenta la asignación; sin embargo, ésta utilización determina un menor remanente y mayor enmalezamiento en el tratamiento de baja asignación de forraje, efectos que no se produjeron en el presente experimento. Agustoni et al. (2008) concuerdan con Almada et al. (2003), quienes observaron que animales manejados bajo asignaciones de forraje más elevadas disponen de mayor área para pastorear, respecto a los manejados a menores asignaciones. Por esto, animales que son manejados a bajas asignaciones deben pastorear con mayor intensidad para alcanzar niveles de consumo similares a los que se logran con altas asignaciones, reduciéndose progresivamente la tasa de consumo.

Cabe recordar que el forraje desaparecido es determinado por la relación entre la cantidad de forraje ofrecido y la capacidad de consumo, así como por las características de la pastura, las cuales son influenciadas por el régimen de pastoreo. Debido a ello es de esperar una disminución en el porcentaje de forraje desaparecido a medida que aumenta la asignación, en este experimento no se observó dicho efecto, debido a que las asignaciones de forraje fueron restrictivas como para permitir que se expresara el mismo, principalmente en la estación de invierno. En cambio, en primavera temprana se equilibraron los porcentajes de desaparecidos entre tratamientos ya que la dotación disminuyó; y por último en primavera tardía sí se observó lo esperable, aunque sin diferencias significativas.

Langer (1981) agrega que al aumentar la asignación de forraje la cantidad del mismo que es ofrecido excede la capacidad de consumo del animal y por ende disminuye el porcentaje de utilización. Podría aumentar la proporción de tejido senescente, lo cual se explica por el mayor sombreado de la pastura y a que muchas hojas alcanzan su vida media foliar antes del siguiente pastoreo. Esto provoca muchas veces un aumento de la selección de material verde por los animales y por lo tanto una disminución de la utilización, lo cual no concuerda con los datos de este trabajo.

En relación al disponible

Como se observa en el cuadro siguiente al relacionar el porcentaje desaparecido en función del disponible, se encuentran diferencias significativas entre tratamientos. Para el invierno los tratamientos extremos (alta y baja dotación) presentaron diferencias estadísticas, mientras que el de media no se diferenció con ninguno de los anteriores. El tratamiento de alta dotación presentó el porcentaje mayor, lo cual coincide con lo que sería esperable para el mismo según lo expuesto en la bibliografía revisada, explicado por la acumulación de forraje previo al inicio del experimento

Para la primavera, se encuentra un contraste entre los valores al inicio de la estación con respecto al final de la misma, ya que en primavera temprana los porcentajes se encuentran en torno a un 40% existiendo diferencias entre los tratamientos de alta y media; mientras que en primavera tardía disminuyen y se ubican en el rango de 10 a 25%, aunque son estadísticamente iguales.

Cuadro No. 6. Porcentaje del forraje desaparecido en función del disponible.

TRATAMIENTO	Invierno	P. temprana	P. tardía	Promedio
ALTA	54,9 % a	48,2% a	25,3% a	42,8% a
MEDIA	52,3% ab	40,0% b	12,2% a	34,8% a
BAJA	48,1% b	41,1% ab	12,2% a	33,8% a

*Medias con letras distintas difieren significativamente (p -valor $>0,10$).

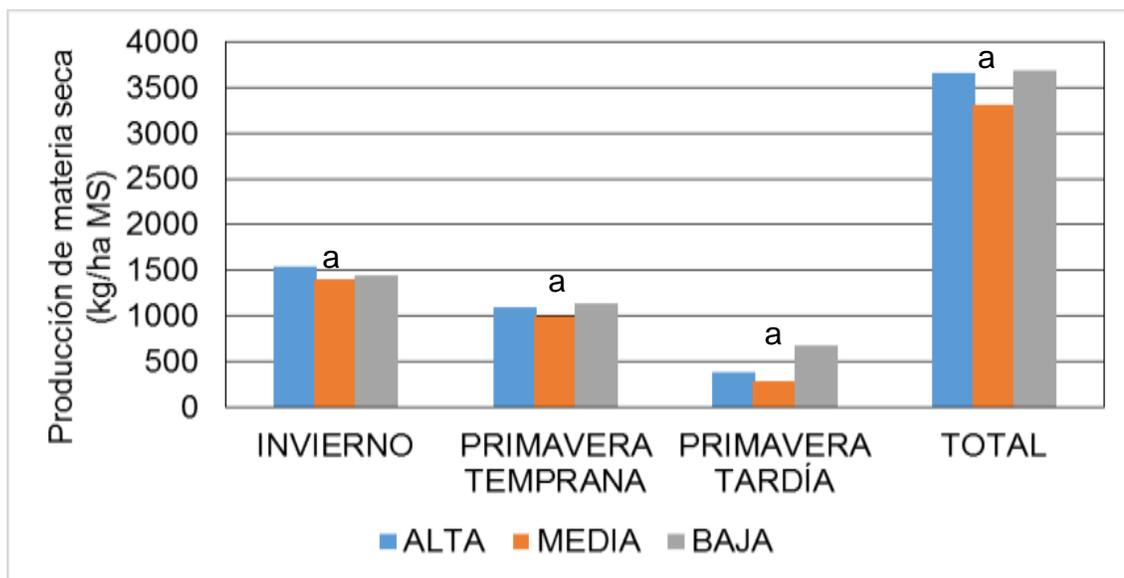
Como comentario final en relación a este parámetro se puede agregar que, en forma general, lo anterior se fundamenta en la dinámica observada previamente en la evolución de los disponibles; donde las diferencias encontradas al inicio del experimento desaparecían a medida que avanzaban los pastoreos.

4.2.4. Producción de materia seca

Este parámetro se considera como uno de los más relevantes del presente trabajo. En forma general, la producción total de materia seca se estimó en un rango entre 3000 y 3500 kg/ha MS.

La distribución promedio de estas producciones fue de 41% en invierno, 30% en primavera temprana y 13% en primavera tardía (o 41% en invierno y 43% en primavera). Estos porcentajes indican una distribución estacional homogénea, pero como se aplicó el criterio de dividir la primavera en dos estaciones, los resultados de producción determinaron la existencia de diferencias estadísticas entre las estaciones. Más concretamente la primavera tardía produjo estadísticamente menos que el resto de las estaciones (450 kg/ha de MS en primavera tardía contra 1076 kg/ha de MS y 1461 kg/ha de MS en primavera temprana e invierno respectivamente).

Gráfica No. 7. Producción de forraje (kg/ha MS) por estación y total del período experimental, según tratamiento.



*Medias con letras distintas difieren significativamente (p -valor $>0,10$).

Una posible explicación para la distribución de la producción es el ciclo productivo de las especies sembradas; como se verá más adelante, la mayor presencia dentro de las mismas corresponde a la festuca, seguida por el trébol blanco, ambas se definen como especies invernales y su pico de producción se da temprano en la primavera. Hay que tener en cuenta que la primavera tardía

tiene condiciones ambientales más semejantes al verano, por lo tanto la tasa de crecimiento de la festuca y el trébol blanco disminuye llegando esta estación, hasta alcanzar su mínimo; por otro lado el único componente estival presente en la mezcla es el lotus y su baja presencia en la primavera tardía se explica porque en esta época recién están comenzando a darse las condiciones adecuadas para el rebrote.

Estos datos no coinciden con lo encontrado por Folgar y Vega (2013), quienes trabajando sobre la misma pastura en la que se realizó el presente experimento, cuando se encontraba en su segundo año productivo en el cual se da su pico máximo, con valores de entre 6300 y 7300 kg/ha MS total, con una distribución similar a la encontrada en el trabajo de 53% en primavera y 47% en invierno. Santiñaque y Carámbula (1981) obtuvieron distribuciones diferentes a la del presente trabajo, para la mezcla de festuca y trébol blanco, encontrando producciones de 897 kg/ha MS en invierno y 2810 kg/ha MS en primavera del tercer año obteniendo una distribución de 25% en invierno y 75% en primavera.

Si comenzamos a comparar las producciones por tratamiento, se observa que el tratamiento de baja dotación acumuló un total de 3691 kg/ha MS en todo el período experimental, seguido por el tratamiento de alta carga, que alcanzó una producción total de 3654 kg/ha y por último se encuentra el tratamiento intermedio con una producción total de 3312 kg/ha. Aunque no hay diferencias estadísticas entre los tratamientos para ninguna estación ni para el total del período (p -valor $>0,10$).

Los datos obtenidos se contradicen con lo medido por Agustoni et al. (2008), quienes en una pradera mezcla de segundo año encontraron que para la asignación de forraje baja (2%) el disponible fue 1300 kg/ha MS; estadísticamente similar a la asignación de 4,5% donde la disponibilidad fue de 1400 kg/ha MS. Sin embargo, fue diferente para las asignaciones de 7% y 9,5%; las que contaron con una disponibilidad promedio de 1700 kg/ha MS. Esta diferencia puede atribuirse a que la asignación baja del experimento de Agustoni et al. (2008) es menor a la baja asignación del ensayo evaluado y también a que en el trabajo de Agustoni et al. (2008) el tratamiento de 2% de asignación de forraje presentó los valores más bajos de materia seca remanente y menos variables a lo largo de los pastoreos.

Según Carámbula (2010b) el óptimo de frecuencia e intensidad de cosecha depende del objetivo primario en la producción de forraje: cantidad o calidad; con un tratamiento severo se obtendrá una mayor cantidad de forraje, pero al mismo tiempo las plantas retendrán un área foliar remanente menor. Lo anterior estaría explicando como el manejo de la pastura afectó la producción de forraje, ya que la sobrecarga invernal redundó en una mayor calidad de la

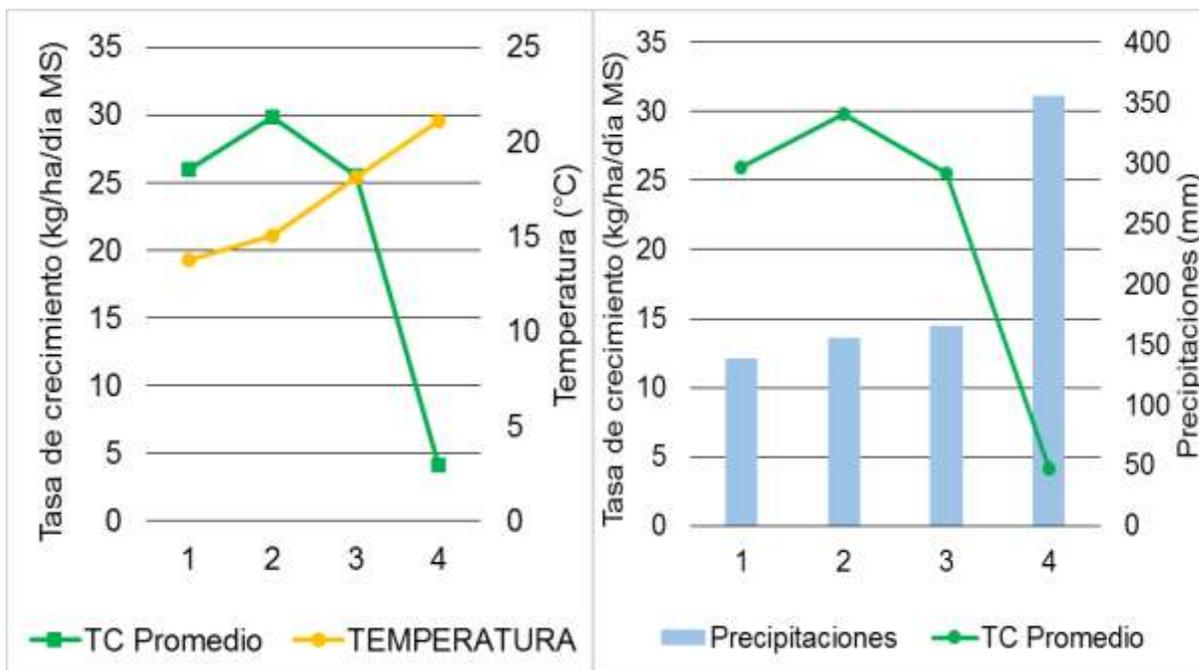
pastura en la primavera, mientras que la cantidad de forraje fue baja en dicha estación, es decir, el manejo realizado determinó calidad primaveral.

Si la producción de materia seca máxima fuera el sólo objetivo que determinara las decisiones de manejo involucrando la defoliación, entonces dos criterios se aplicarían: primero, la frecuencia de defoliación debería ser tal que el intervalo de rebrote se extendiera hasta que la tasa de crecimiento de la pastura comenzara a declinar desde su máximo. Segundo, la intensidad de defoliación debería ser a un nivel tal que dejara la cantidad de biomasa a la cual la máxima tasa de crecimiento es obtenida primeramente (Wilson, 1978). En el presente experimento el manejo realizado determinó que en la primavera se maximizara la calidad.

4.2.5. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento es función de los parámetros ambientales, temperatura principalmente y régimen hídrico, por lo cual se procedió a relacionar los mismos.

Gráficas No. 8 y 9. Evolución de la tasa de crecimiento (kg/ha/día MS) según la temperatura promedio (izquierda) y precipitaciones medias (derecha) en función de los pastoreos.



Lo primero a destacar sería que la evolución de la tasa de crecimiento no acompaña a la temperatura (gráfica izquierda), registrándose las máximas tasas de crecimiento cuando se dan los mínimos de temperatura. No es lo esperable de acuerdo a la información, Díaz Lago (1996) cita tasas de crecimiento para festuca intermedias en invierno (10 kg/ha/día MS) y máximas en primavera (40 kg/ha/día MS) para la especie *Festuca arundinacea* en el tercer año (especie predominante en la mezcla).

Las mayores tasas de crecimiento invernales en relación a lo esperable, pueden deberse a que la temperatura media para el primer pastoreo fue de 14°C, por lo cual no alcanzó valores tan bajos como para enlentecer la tasa de crecimiento. Además, cabe aclarar que en el período del experimento el invierno considerado abarca sólo los meses de julio y agosto.

También se puede apreciar a partir del gráfico de precipitaciones (gráfica derecha) que las mismas son abundantes para el cuarto pastoreo; en los meses de noviembre y diciembre (correspondientes al cuarto pastoreo) el balance hídrico mensual expuso excesos de agua de una magnitud de 350 mm aproximadamente, y que conjuntamente con el aumento de temperaturas explican la caída en las tasas de crecimiento.

Según Carámbula (2010a) las especies de metabolismo C₃ presentan un buen desarrollo con temperaturas entre 15°C y 20°C. Con respecto a ello se puede decir que las temperaturas máximas en el período experimental (julio a diciembre) siempre superaron el rango mayor mencionado por Carámbula (2010a). Este régimen de temperaturas determinó que las temperaturas promedio estén dentro del rango óptimo de funcionamiento de las especies solamente entre los meses de setiembre, octubre y noviembre. De acuerdo con el registro de temperaturas para el período evaluado, posterior al mes de octubre la temperatura máxima alcanzó valores de 35°C por lo que la tasa de crecimiento estuvo comprometida.

Al alcanzar el máximo de hojas, por cada hoja nueva que se produzca morirá una hoja vieja, en consecuencia los índices de mortalidad de hojas varían con la temperatura, de igual modo que el índice de aparición. La tasa de elongación de hojas responde inmediatamente ante cualquier cambio de temperatura (Chapman y Lemaire 1993, Agnusdei et al. 1998).

A continuación se presentan las tasas de crecimiento estacionales de acuerdo a los tratamientos, con el objetivo de profundizar en el análisis de dicha variable

Cuadro No. 7. Tasa de crecimiento estacional y promedio (kg/ha/día de MS), según tratamiento.

TRATAMIENTO	Invierno	Primavera temprana	Primavera tardía	Total
ALTA	27,9 a	34,2 a	11,5 a	32,9 a
MEDIA	24,1 a	31,9 a	12,3 a	28,7 a
BAJA	26,0 a	36,9 a	8,1 a	30,6 a

*Medias con letras distintas son estadísticamente diferentes (p-valor>0,10).

Como se puede apreciar en el cuadro anterior, no existieron efectos de los tratamientos sobre la tasa de crecimiento invernal, primaveral temprana, primaveral tardía, ni para el promedio del período. Sin embargo, si se estudia estacionalmente la primavera tardía se diferencia de las demás estaciones (no se muestra en el cuadro); debido a que tanto por condiciones ambientales como por factores morfofisiológicos en esta estación se vio muy resentida la velocidad de crecimiento de las especies sembradas en la mezcla.

De acuerdo con Smetham (1981) a menor presión de pastoreo, la pastura tiene una recuperación de IAF más rápida que a mayores presiones, por lo que para ninguna estación ni para todo el período ocurrió lo esperable, ya que siempre el tratamiento de alta dotación tuvo mayores tasas de crecimiento, seguido por el tratamiento de dotación baja, y por último el de media (sin embargo, no hubieron diferencias estadísticas entre tratamientos).

En segundo lugar, si observamos los valores de la tasa de crecimiento para cada estación, podemos decir que en general estos valores son bajos, como se mencionó cuando se analizó la evolución de la tasa en función de los pastoreos.

Según Langer (1981) una vez alcanzado el IAF crítico, la pastura crece a su máxima tasa, pero a medida que continúa el crecimiento, también aumenta el IAF, más allá del valor crítico resultando en que más hojas inferiores sean sombreadas progresivamente. En las pasturas, la tasa de crecimiento decrece con el tiempo, hasta que no hay aumentos del rendimiento y el porqué de ello, puede deberse, a la respiración de las hojas inferiores sombreadas por el follaje, que compensa las ganancias de peso debidas a la actividad fotosintética de las hojas superiores no sombreadas; o puede deberse a la igualación entre la aparición de hojas nuevas y la senescencia y descomposición de las viejas. Estos mecanismos podrían estar explicando la razón de la caída en las tasas de crecimiento en primavera tardía, ya que el período de descanso para cada bloque en el tercer pastoreo fue de 20 días en promedio para todos los bloques y en el cuarto pastoreo transcurrieron 37 días de descanso en promedio, por lo

que en estos últimos se podrían haber manifestado los mecanismos mencionados por Langer (1981).

Milthorpe y Davidson (1975) afirman que el sistema más efectivo de defoliación, sería aquel que remueva las hojas inmediatamente después que éstas hayan alcanzado su tamaño máximo; por lo cual el largo período de descanso posterior a la defoliación, como se explicó en el párrafo anterior, estaría evidenciando una falta de eficiencia que se refleja en bajos valores de la tasa de crecimiento.

La velocidad de refoliación se sustenta en un factor morfológico, el número de meristemas refoliadores, y en otro fisiológico, la disponibilidad de energía para los mismos (Harris, Smetham, citados por Montossi et al., 1996). En función de lo mencionado en este trabajo se le pueden atribuir los bajos valores de tasa de crecimiento al nivel de reservas posterior al pastoreo si bien no fue un parámetro que se estimó, pero los bajos valores de la tasa de crecimiento estarían evidenciando un nivel de reservas menor. Alcock, citado por Milthorpe y Davidson (1975), menciona tres componentes para explicar la respuesta de las pasturas a la defoliación: 1) la cantidad y re-utilización de los carbohidratos de reserva; 2) el efecto en el crecimiento de las raíces y 3) el desarrollo del área foliar y la intercepción de luz. A lo anterior Klepp, citado por Milthorpe y Davidson (1975) agrega que el efecto más intenso de la defoliación es sobre el crecimiento y actividad radicular; se ha observado una detención o marcada reducción en el mismo, a menudo acompañada de descomposición después de una defoliación (Oswelt, citado por Milthorpe y Davidson, 1975).

Folgar y Vega (2013) encontraron valores para las tasas de crecimiento promedio de 36,6 kg/ha/día MS, 43,4 kg/ha/día MS y 42,4 kg/ha/día MS para los tratamientos de alta, media y baja dotación respectivamente; valores superiores a los encontrados en esta tesis, las diferencias, principalmente para la tasa de crecimiento invernal son explicadas según los autores por las fertilizaciones invernales, el elevado número de días en el primer pastoreo para que los animales vuelvan a entrar a un bloque ya pastoreado, altas precipitaciones, animales que en comparación a la estación de primavera presentaron un menor consumo, lo que determinó alturas remanentes mayores en invierno con una recuperación más rápida de la pastura en este período. El presente experimento no recibió refertilizaciones en ningún momento que también contribuye a la explicación del menor valor encontrado en los datos.

Por otro lado, Fariña y Saravia (2010), encontraron valores de 36 kg/ha/día MS en promedio para el período evaluado, también superiores a los del presente trabajo. Mientras que Leborgne (2009) cita tasas de crecimiento de 12,5 kg/ha/día MS en invierno y de 39 kg/ha/día MS en primavera. Moliterno

(2000) cita tasas de crecimiento de 9,7 kg/ha/día MS para octubre y entre 14 y 17 kg/ha/día MS en noviembre, por lo que los datos obtenidos en este trabajo en primavera temprana son mucho mayores y los de primavera tardía mucho menores.

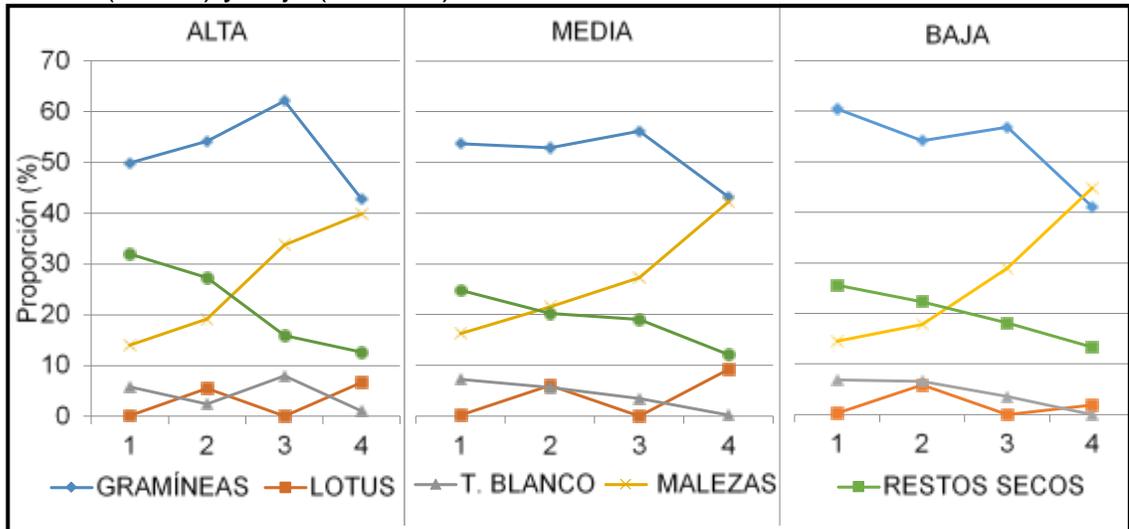
4.2.6. Composición botánica

Una mezcla forrajera se define como una población artificial formada por varias especies con características diferentes, tanto morfológicas como fisiológicas. Como resultado de esta asociación artificial entre especies, y de los atributos de cada una de ellas en particular se produce un proceso complejo de interferencias (Carámbula, 2010a). Es en función de lo anterior que se considera importante el análisis de la composición botánica a lo largo del período experimental, a modo de comprender los procesos de interferencias y demás interacciones que pudieran haberse manifestado sobre la producción de la pastura.

4.2.6.1. Evolución de la composición botánica

Se presenta a continuación la evolución en la contribución porcentual para los distintos componentes de la pastura, estos son: gramíneas sembradas (festuca), leguminosas (trébol blanco y lotus), malezas, restos secos y suelo descubierto. Los datos se evalúan por tratamientos, tanto para los pastoreos realizados (disponible y remanente), como para el promedio del período experimental.

Gráficas No. 10, 11 y 12. Evolución de la composición botánica en función de los pastoreos evaluados para los tratamientos de alta (izquierda), media (centro) y baja (derecha).



Como se puede observar en el gráfico anterior, lo primero a mencionar es que no se aprecian diferencias entre tratamientos en cuanto a la evolución de los diferentes componentes, en otras palabras, el comportamiento de los diferentes tratamientos es muy similar y por lo tanto los mismos se analizarán conjuntamente. Esto puede ser resultado de que las proporciones de los distintos componentes de la pastura al inicio del experimento son similares para los diferentes niveles de dotación.

En lo que respecta a la contribución, se puede señalar que los componentes gramíneas, malezas y restos secos son los que se encuentran en mayor proporción; mientras que el componente leguminosas, integrado por trébol blanco y lotus, se encuentra en una proporción muy baja y en forma general para todo el período (menor al 10%), coincidiendo además los momentos en que la proporción de uno es máxima con los momentos en los cuales la proporción del otro es mínima.

Uno de los motivos que explican la baja contribución de las leguminosas es citado por Langer (1981) donde menciona que con respecto a la competencia por luz en pasturas combinadas, las gramíneas son menos perjudicadas que las leguminosas, debido a que éstas no soportan baja luminosidad. Como se mencionó anteriormente, la pastura se comenzaba a pastorear después de alcanzar el IAF crítico, ello condujo a la depresión de las leguminosas por la acumulación de forraje; y como mencionan Butler, McKec, citados por Haynes (1980) el sombreado lleva a la muerte de raíces de trébol

blanco y lotus, aunque también las enfermedades en lotus y escasos sistemas radiculares en el trébol blanco pueden ocasionar muerte de raíces.

Con respecto a la gramínea sembrada, se puede observar un incremento en su aporte a medida que avanzan los pastoreos, como sería esperable ya que se da el pasaje hacia la primavera. El porcentaje de las mismas se encuentra en un rango de entre 40% y 60%. Carámbula (2010a) menciona que una mezcla mixta bien balanceada de gramíneas y leguminosas debería estar compuesta por 60% a 70% de las primeras, 20% a 30% de las segundas y 10% de malezas; considerando esto se podría afirmar que la mezcla no se encuentra en el equilibrio deseado, principalmente por la baja contribución de las leguminosas y por la elevada proporción de malezas. Al fijar las especies componentes de una mezcla también es importante la obtención de menores riesgos de enmalezamiento y mayor valor nutritivo del forraje, con una entrega mejor balanceada del mismo, atributos que permiten formar pasturas con persistencias productivas de elevada calidad (Carámbula, 2010a).

Las malezas aumentan exponencialmente hacia la primavera y la baja proporción de leguminosas sería la causa y consecuencia de dicho incremento en el enmalezamiento. Carámbula (2010a) menciona que los distintos grados de enmalezamiento son consecuencia de incrementos sensibles que se registran en las poblaciones de dichas especies; dado fundamentalmente por el banco de semillas u órganos perennes presentes en los suelos. También el mismo realiza énfasis en que esta evolución es debida especialmente a los espacios libres que dejan las leguminosas al disminuir su población en la época estival, a medida que avanza la edad de la pastura, así como el incremento de fertilidad que debido a las mismas.

Santiñaque (1979), encontró grados de enmalezamiento para pasturas mezcla de trébol blanco y festuca de tercer año de 7% en el mes de octubre y 31% en el mes de diciembre. En el presente experimento los enmalezamientos fueron mayores al 20% para octubre y próximos al 40% en diciembre, superando ampliamente lo reportado por Santiñaque (1979), de todas formas cabe aclarar que la pastura de este trabajo se encontraba en su quinto año de vida.

Cuadro No. 8. Proporción de festuca, leguminosas, malezas, restos secos y suelo descubierto, según tratamiento, para el forraje remanente y disponible.

	TRAT.	GRAM.	LOTUS	TRÉBOL BLANCO	MALEZAS	SUELO DES.	R. SECOS
Disponible	ALTA	49,9 a	4,3 a	5,9 a	30,7 a	10,4 b	22,5 a
	MEDIA	50,1 a	4,5 a	3,7 a	27,5 a	12,1 b	20,9 a
	BAJA	54,6 a	1,9 a	3,6 a	26,1 a	10,9 b	20,8 a
Remanente	ALTA	54,6 a	1,9 a	2,6 a	22,7 a	13,6 a	21,4 a
	MEDIA	52,8 a	3,2 a	4,6 a	26,2 a	13,6 a	17,2 a
	BAJA	51,7 a	2,0 a	4,9 a	27,0 a	13,8 a	18,9 a

*Medias con letras distintas difieren estadísticamente (p-valor>0,10).

Los animales comen en forma diferencial de acuerdo con la apetecibilidad de las diferentes especies, esto conduce a cambios importantes en la composición botánica de las pasturas, según Lesperance, Arnold et al., citados por Carámbula (2010b). Debido a lo expresado anteriormente, surge la necesidad de comparar la composición botánica entre los disponibles y remanentes para medir el efecto a corto plazo de esta selección animal; de ello surgió que no hubieron diferencias significativas entre disponibles y remanentes en cuanto a la composición botánica, a excepción del suelo descubierto.

Si bien no existieron diferencias estadísticas entre la mayoría de los parámetros, es posible apreciar ciertos comportamientos. Las gramíneas aumentan de proporción entre el disponible y el remanente en los tratamientos de alta y media, en el de baja disminuyeron su proporción. Lo inverso ocurre con las leguminosas (lotus y trébol blanco), que disminuyen su contribución entre disponible y remanente en el tratamiento de alta, por la mayor presión de pastoreo. Cabe aclarar que estos son los valores más bajos, rondando el 2% del suelo cubierto, por lo que los animales podrían no encontrar estos componentes o simplemente les resulta difícil seleccionarlos, en todo caso las variaciones son mínimas y no significativas al 10%.

Con relación a las malezas, se observó que se mantienen casi constantes entre disponible y remanente para los tratamientos de baja y media, lo que puede estar dando la pauta de que fueron consumidas en una proporción

semejante a los componentes sembrados. El comportamiento es diferente en el tratamiento de alta, por muy poco margen las diferencias no son significativas, si comparamos el disponible con el remanente; esto sugiere que los animales consumieron estas especies invasoras, lo cual es esperable para los meses invernales por el déficit de forraje invernal.

Los resultados presentados muestran el promedio de los restos secos para el disponible y remanente de cada pastoreo, el análisis estadístico de los mismos indicó que no existen diferencias significativas entre tratamientos para este componente. Se puede apreciar, como para todos los tratamientos, que la proporción de restos secos disminuye a medida que avanzan los pastoreos, por lo cual se puede afirmar que durante el período experimental la cobertura del material vivo incrementó.

El tratamiento de alta dotación tuvo un comportamiento diferente al esperable; ya que fue el que presentó una cantidad de restos secos levemente superior (aunque no estadísticamente diferente), cuando en realidad se esperaría que en el tratamiento de baja se hubiera encontrado una mayor proporción de material muerto por la acumulación de forraje.

Si la biomasa de forraje es alta, la senescencia y la muerte constituyen el mayor camino de pérdida. La cantidad de tejido muerto que se acumula en el canopeo aumenta con la biomasa de forraje y con el tiempo (Langer, 1994). Por lo cual el mayor porcentaje de restos secos que ocurren en el invierno se correspondería con la acumulación de forraje previo al inicio del experimento. Cuando las hojas son defoliadas se acortan y la probabilidad de una defoliación posterior decrece y por lo tanto la probabilidad de defoliación de hojas senescentes se vuelve muy baja, (Hodgson et al., 2009) lo que estaría explicando la acumulación de restos secos.

Los valores encontrados para los restos secos no tuvieron diferencias estadísticas según tratamientos, tanto para el disponible como para el remanente; lo que coincide con lo encontrado por Agustoni et al. (2008), Folgar y Vega (2013). Esto no es lo esperable, ya que sería lógico que durante un pastoreo los animales seleccionasen las fracciones más verdes, rechazando los restos secos, y como consecuencia aumentarían en proporción los mismos. Se podría mencionar que una parte de este efecto estuviera explicado por la descomposición biológica de estos restos, que se acelera al aproximarse las condiciones primaverales.

También se puede mencionar que los valores encontrados son mucho mayores en promedio, a los encontrados por los autores anteriormente citados, los cuales reportaron datos en torno al 5% (Agustoni et al., 2008), y cercanos al

10% de restos secos para todos los tratamientos (Folgar y Vega, 2013). Por lo tanto un alto porcentaje de restos secos implica un menor aporte de forraje por parte de las especies sembradas y/o de malezas.

Por último, cabe mencionar que las diferencias entre disponibles y remanentes no son tan importantes como la disminución que se da desde un pastoreo al siguiente. Esto ocurre porque las condiciones (principalmente luz y temperatura) favorecen el rebrote de las plantas y las malezas en activo crecimiento, diluyendo la cantidad de restos secos de la pastura.

Cuadro No. 9. Composición botánica promedio por tratamiento.

TRAT.	GRAMÍNEAS	LOTUS	TRÉBOL BLANCO	MALEZAS	RESTOS SECOS
ALTA	52,2 a	3,1 a	4,3 a	26,7 a	21,9 a
MEDIA	51,5 a	3,8 a	4,1 a	26,8 a	19,1 a
BAJA	53,1 a	1,9 a	4,2 a	26,5 a	19,8 a

*Medias con una misma letra no son significativamente diferentes, (p-valor>0,10).

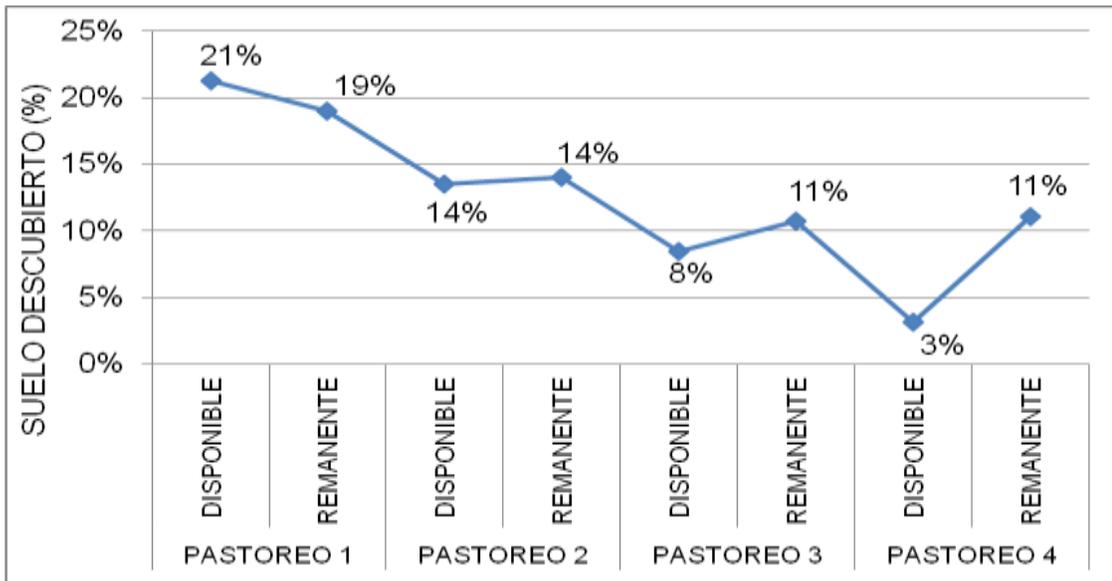
Si se observan los promedios de disponibles y remanentes de todos los pastoreos evaluados, con el fin de realizar una comparación entre tratamientos se llega a la conclusión de que no hubo efecto tratamiento sobre la variable composición botánica para todos los parámetros. Esto coincide con lo reportado por los autores Folgar y Vega (2013), quienes no encontraron interacción carga composición botánica. Sin embargo, para la proporción de malezas sí difiere de lo encontrado por Agustoni et al. (2008), quienes concluyen que las malezas presentaron un comportamiento diferencial entre los distintos tratamientos de asignación de forraje.

El mayor consumo por unidad de superficie genera en la pastura una menor capacidad de competencia de los componentes sembrados frente a los espontáneos (Escuder, 1997), lo que determina una pérdida de cobertura frente al tratamiento de menor dotación, otorgándole a las malezas suelo desnudo para su posible colonización.

4.2.6.2. Evolución del componente suelo descubierto

Debido a que el componente suelo descubierto no forma parte del porcentaje total de la composición botánica, sino que es independiente a este, se lo analizará en forma separada también.

Gráfica No. 13. Evolución del suelo descubierto (disponibles y remanentes de cada pastoreo).



Como se aprecia en la evolución, la proporción del suelo descubierto luego del pastoreo aumenta; este resultado era esperable, en promedio 11% para los disponibles y de 13,6% para los remanentes, la mínima diferencia significativa es de 1,45 para desarrollar más este concepto se construyó la gráfica anterior (ver gráfica No.13), donde se observa que el único pastoreo que no sigue este comportamiento es el primero y además se observa, como ya se mencionó que al sucederse los pastoreos la proporción de esta variable se reduce, probablemente por las condiciones primaverales.

Si observamos la evolución de los diferentes porcentajes, se puede apreciar como el porcentaje de suelo descubierto disminuye en la primavera (pastoreos 3 y 4), Foglino y Fernández (2009), también reportaron una disminución en el suelo descubierto hacia primavera, pero la diferencia está en que en el presente experimento la disminución se explica no por el aumento de la cobertura de las especies sembradas como sería deseable, sino por el incremento notorio de las malezas; en cambio Foglino y Fernández (2009) reportaron una disminución conjunta de las malezas y suelo descubierto.

4.3. PRODUCCIÓN ANIMAL

4.3.1. Ganancia media diaria y producción estacional

A continuación se presentan los cuadros con las ganancias medias individuales y la producción estacional por superficie según tratamientos.

4.3.1.1. Invierno

Como se puede observar en el cuadro siguiente, sólo se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las ganancias medias diarias para el tratamiento de baja dotación con respecto a los demás tratamientos. Estas diferencias no son sólo producto de una mayor cantidad de forraje por superficie sino también a una mayor cantidad de forraje por animal, debido a que los disponibles para ésta estación fueron estadísticamente similares, sino que la mayor ganancia surge de la posibilidad de selección que tienen los animales manejados a cargas bajas, que a su vez les permite consumir una mejor dieta.

Cuadro No. 10. Ganancias medias diarias invernales según tratamiento.

TRATAMIENTO	MEDIAS
BAJA	-0,24 a
MEDIA	-0,46 b
ALTA	-0,49 b

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p -valor > 0,10).

Bajas cargas animales con grandes cantidades de forraje sin pastorear, permiten el pastoreo selectivo de forraje de alta digestibilidad y nitrógeno, pero bajo en fibra cruda. El consumo de materia seca por animal por día es mayor para bajas que para altas cargas animales. Puede concluirse, por lo tanto, que el pastoreo selectivo incrementa tanto la cantidad de materia seca como la calidad del forraje consumido (Blaser et al., 1960).

Lo anterior coincide con Mott (1960), ya que a mayor carga las ganancias de peso tienden a ser menores, en este caso todas las tasas de ganancias son negativas, pero el tratamiento de baja dotación tuvo pérdidas menores que los demás tratamientos. A pesar de ello, si bien estadísticamente no son diferentes las ganancias entre los tratamientos de dotación media y alta, sí se cumple con la lógica del modelo planteado por Mott (1960) en cuanto al orden en magnitud de las ganancias en función de las dotaciones; siendo éste de baja, media y alta.

Con respecto a lo anterior, Folgar y Vega (2013) observaron las mayores ganancias medias diarias en el tratamiento de menor dotación y en el de dotación intermedia, mientras que el tratamiento de mayor dotación tuvo ganancias medias diarias que se ubicaron muy por debajo a las de los otros dos tratamientos, siendo estos valores diferentes estadísticamente. De Souza y Presno (2013) sobre una mezcla forrajera del tercer año con novillos Holando en tres períodos encontraron que desde mediados de junio a fin de agosto no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en las ganancias medias diarias, aunque se observó que estas aumentan con la disminución de la carga.

Arenares et al. (2011) evaluando la GMD en invierno para una mezcla de festuca, trébol blanco y lotus del segundo año a carga constante, obtuvieron valores de 0,49 kg/animal/día, habiendo 0,7 kg/animal/día de diferencia con la GMD promedio invernal obtenida en este experimento. Las diferencias en parte se atribuyen a que Arenares et al. (2011) trabajaron con terneros, que son una categoría con menores requerimientos en relación a los novillos utilizados en la presente tesis.

Las menores ganancias individuales del experimento ocurrieron en el período invernal, lo cual no coincide con lo expuesto por Folgar y Vega (2013) sobre una pastura de festuca, trébol blanco y lotus en función de tres dotaciones; los mismos encontraron que las mayores ganancias se dan en el período invernal cuando la calidad del forraje es mayor que la de primavera. Se puede afirmar que en el presente experimento la mayor cantidad de forraje invernal no fue suficiente para levantar la limitante de la calidad del mismo, acentuado por la baja presencia de leguminosas, debido a que la leguminosa invernal (trébol blanco) tuvo una contribución escasa. De acuerdo con Langer (1981) cuando los animales deben comer casi todo lo que hay ante ellos (altas cargas y/o pastoreo rotativo) si la calidad del forraje no es buena, entonces los animales no producirán de manera satisfactoria.

Mott (1960) expresa que cuando la carga incrementa al punto tal que el alimento producido por la pastura es usado para los requerimientos de mantenimiento de los animales, el producto por animal será nulo.

Cuadro No.11. Producción animal invernal por unidad de superficie en kg/ha, según tratamiento.

TRATAMIENTO	kg/ha PV	PROD. INV. kg/ha
BAJA	461,5	-9,2
MEDIA	812,9	-32,9
ALTA	1143	-42,1

Como ya se ha mencionado en las GMD las ganancias del período invernal son negativas; los animales que se manejaron a alta asignación de forraje se encontraron cercanos al mantenimiento, la asignación intermedia se ubica en una posición central y como es esperable se perdió más peso vivo en el tratamiento de menor asignación de forraje. Las diferencias en el orden de las pérdidas de peso que se observan al pasar de animales por día al período total de invierno y por superficie se deben al efecto de los animales por hectárea, así es que, cada animal del tratamiento de alta dotación perdió proporcionalmente menos peso que los del tratamiento de media dotación, al haber mayor número de animales en la misma superficie la pérdida total de peso fue mayor.

La pérdida de peso invernal es explicada por un conjunto de factores, que a su vez interactúan entre sí. Entre ellos se pueden mencionar factores inherentes a la pastura y factores correspondientes a los animales. Dentro de los primeros se puede mencionar la estructura horizontal y vertical de la pastura, en este sentido es que en invierno el forraje se encuentra en forma menos accesible ya que se concentra en los estratos inferiores. Esto coincide con lo expuesto por Prada (2011), quien menciona que la cantidad y distribución espacial de los componentes de la pastura cambian a lo largo del año y dicha distribución espacial es determinante de la facilidad de cosecha y de la cantidad y composición del forraje que podrá ser ingerido en un determinado tiempo. En las palabras de Bignoli y Mársico (1984), el concepto más importante en manejo de pasturas, es que cualquiera sea el método utilizado, la carga animal deberá ajustarse continuamente al crecimiento de la vegetación.

En cuanto a los factores relativos a los animales, se puede destacar que la raza utilizada no es de biotipo carnívor, animales Holando poseen elevados requerimientos de mantenimiento debido a su tamaño, determinando además una menor capacidad de amortiguar la variación de peso frente a cambios en disponibilidad de forraje. También hay que resaltar que el proceso productivo de invernada es ineficiente dentro de la producción de carne vacuna desde el punto de vista de su demanda por mayor calidad y cantidad del forraje, debido a que el componente corporal fijado es principalmente grasa, la cual se caracteriza por una mayor carga energética en relación a otros tejidos (músculo,

hueso, etc.). Taylor et al., citados por Rovira (2008) agregan que el tipo de animal, también influye en cierta medida sobre el consumo y que existen reales diferencias entre razas en la capacidad de consumo que son causadas por diferencias en peso vivo, variando las mismas en relación a la edad.

En lo que respecta al desempeño animal en la estación invernal, se puede mencionar que los resultados no fueron los esperados, ya que si bien eran previsible ganancias bajas para esta estación, no se esperaba que fueran tan restrictivas. Los autores de este trabajo quieren enfatizar sobre el hecho de que no se encontraron datos de otros trabajos bajo condiciones semejantes a las del presente ensayo en los cuales los animales hayan tenido tasas de ganancia negativas.

También es importante hacer énfasis en el hecho de que ni siquiera en el tratamiento de menor dotación los animales alcanzaron ganancias positivas o cercanas al nivel de mantenimiento. Debido a la situación del invierno se modificaron las cargas para la estación de primavera; por lo cual si bien las pérdidas de peso se dieron en la estación donde las tasas de crecimiento fueron mayores, al igual que el disponible inicial, la carga manejada en invierno fue la mayor en todo el experimento; las disminuciones de dotación fueron de 0,65 anim./ha en el tratamiento de alta, 0,43 anim./ha en el tratamiento de media y de 0,22 anim./ha en el tratamiento de baja.

4.3.1.2. Primavera

En esta estación se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos extremos, no siendo significativas las diferencias entre cada uno de ellos y el tratamiento medio, también coincidiendo con lo mencionado por Mott (1960), en donde las cargas altas tienden a una menor ganancia individual. Se observa también que para esta estación las ganancias obtenidas fueron positivas y elevadas. Folgar y Vega (2013) encontraron sobre una pastura de festuca, trébol blanco y lotus, diferencias en las ganancias individuales según la carga animal, con alta dotación las ganancias medias diarias fueron de 0,84 kg/día, con dotación intermedia obtuvieron 0,99 kg/día y con bajas dotaciones, las ganancias fueron de 1,16 kg/día.

Cuadro No. 12. Ganancias medias diarias primaverales, según tratamientos.

TRATAMIENTO	GMD PROMEDIO PRIMAVERAL
BAJA	1,2 a
MEDIA	1,1 ab
ALTA	1 b

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p-valor>0,10).

Como se puede apreciar la situación en esta estación revirtió completamente lo observado en el invierno ya que incluso los animales manejados a dotaciones altas tuvieron ganancias de peso importantes. La variación de las cargas condujo, entre otros factores, a que el porcentaje de incremento de la ganancia en primavera con respecto al invierno fuera elevado. Ello se debe a que si bien en invierno la cantidad del forraje no fue suficiente para levantar la limitante de calidad, en la primavera la disponibilidad de forraje por animal fue suficiente para permitir ganancias mayores. Cabe aclarar que la variación del número de animales por tratamiento se contradice con el manejo de los sistemas comerciales.

Cuadro No. 13. Producción animal primaverales por unidad de superficie en kg/ha, según tratamiento.

TRATAMIENTO	kg/ha PV	PROD. PRIM. (kg/ha)
BAJA	346,1	96,7
MEDIA	580,7	142,0
ALTA	800,1	187,8

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p-valor>0,10).

Los resultados de ganancia de peso por hectárea en primavera también están dentro de lo esperable por lo relevado en la revisión bibliográfica, en este caso las ganancias son positivas, vale la pena destacar que el período de primavera duró 122 días (más del doble que el invierno para el experimento). El tratamiento de mayor producción por superficie fue el de alta dotación, si bien las ganancias por animal fueron moderadas, en segundo lugar están las del tratamiento de dotación media y por último, representando solamente el 51,9% de la ganancia por superficie del mejor tratamiento se ubica el tratamiento de baja dotación. Lo anterior cumple con el modelo de Mott (1960), donde explica que dentro de ciertos límites el número de animales por superficie tiene un mayor efecto que la ganancia individual sobre el resultado en kilogramos por hectárea.

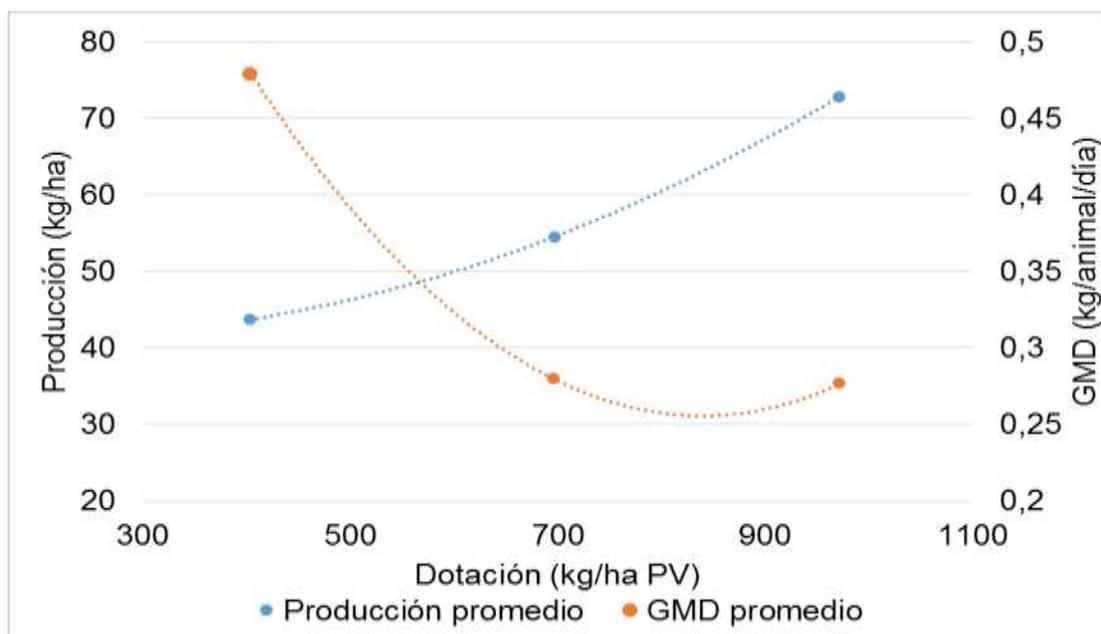
4.3.2. Producción por hectárea y ganancia media diaria

Debido a que la carga fue modificada, la relación entre las ganancias individuales diarias y por animales debe ser considerada además del promedio para todo el experimento, también en forma independiente para las dos estaciones evaluadas.

4.3.2.1. Promedio para todo el experimento

Como se aprecia en la gráfica siguiente, para el promedio del experimento tanto la producción como la ganancia media diaria fueron positivas. En cuanto a los tratamientos, el de menor dotación (404 kg/ha PV) tuvo ganancias mucho mayores a los de media y alta dotación, así como producción por unidad de superficie menores. En relación a los demás tratamientos, si bien los mismos no se diferenciaron en las ganancias medias diarias (0,28 kg/animal/día), la producción por unidad de superficie fue mucho mayor para el tratamiento de mayor dotación (972 kg/ha PV).

Gráfica No.14. Producción animal y GMD promedio según dotación



Numerosas evidencias muestran que a partir de cambios producidos en la presión de pastoreo pueden generarse cambios de distinta magnitud en la producción animal y por unidad de superficie (Mott, 1960). Esto es lo que se

observó en el presente experimento, ya que al aumentar la dotación la producción por superficie aumentó, mientras que las ganancias diarias disminuyeron drásticamente al pasar del tratamiento de baja dotación al de media, pero no hubo mayor efecto al pasar del tratamiento de media al de alta dotación.

Según Mott y Cubillos (1969) la carga óptima puede ser definida solamente como un rango óptimo, y ésta capacidad de carga está algún tanto por debajo de lo que dará el máximo producto animal por unidad de superficie (Mott, 1960). A partir del gráfico se puede observar el punto de intersección en el cual la producción por hectárea y la ganancia media diaria se igualan, este punto es indicativo del rango de carga óptimo, encontrándose el mismo en torno a los 600 kg/ha de PV y donde la producción por unidad de superficie alcanza valores cercanos a 50 kg/ha, siendo la GMD casi de 0,35 kg/animal/día. En esta intersección se encontraría la relación óptima entre la presión de pastoreo y la dotación animal.

En función de lo anterior se puede afirmar que el rango óptimo se encuentra entre los tratamientos de dotación intermedia y baja, en promedio para todo el período. Por lo tanto se puede inferir que para alcanzar, o al menos acercarse, al punto en el cual tanto la productividad vegetal como animal se encuentran en equilibrio; es necesario un nivel de dotación intermedio entre dichos tratamientos, aunque el mismo debe ser menor a la dotación intermedia (menor a 3,6%) de este experimento y mayor al de baja (mayor a 4,8%).

Según Campbell, citado por Viglizzo (1981) un aumento del 50% de la carga animal, puede generar aumentos del 300 al 400% en la presión de pastoreo, según el mes o estación del año que se considere. La reciprocidad de una pastura, es otro concepto que suele emplearse, el mismo expresa la cantidad de animales requeridos para lograr una óptima presión de pastoreo.

Viglizzo (1981) enfatiza que dentro de ciertos límites, a medida que la presión de pastoreo aumenta, se produce un crecimiento lineal de la producción por hectárea, hasta un nivel máximo a partir del cual la producción por animal se resiente tanto que induce a una caída de la producción por hectárea. En el gráfico podemos observar el crecimiento lineal mencionado por el autor, aunque no se alcanzó la presión de pastoreo en la cual se produciría el punto de inflexión en donde cae la producción por superficie.

Realizando una comparación con trabajos anteriores al presente, Folgar y Vega (2013) encontraron que la oferta de forraje óptima se ubicaba en 5,1% (dotación de 2,17 animales/ha), lográndose ganancias individuales de 0,84 kg/animal/día y producciones de 269 kg/ha, sin ocasionar perjuicios sobre la

pastura, aunque la misma era de tercer año y en consecuencia tendría una producción mayor a la del presente experimento. Mientras que Almada et al. (2003) mencionan que asignaciones entre 4,5 y 6% permitirían una adecuada ganancia por animal y por hectárea y un buen comportamiento de la pastura que no pondría en riesgo su persistencia futura, también en una pastura más joven y con un nivel de enmalezamiento menor al del presente trabajo.

Agustoni et al. (2008) sobre una pradera de segundo año evaluaron cuatro asignaciones de forraje (2; 4,5; 7 y 9,5%). En este experimento encontraron que la capacidad de carga animal óptima estaría comprendida entre 5,6% y 6,8%, bastante mayores a las encontradas en el presente experimento (entre 3,6% y 4,8%). También Agustoni et al. (2008) aportan que a bajas asignaciones (2% PV) se logran buenas producciones de carne por hectárea, aunque esto es en el mediano plazo, contraproducente, ya que si bien se obtienen altos porcentajes de utilización del forraje, se afectan los componentes de la mezcla, aumentando la proporción de malezas y de suelo desnudo y perjudicando la producción futura de la misma. A altas asignaciones (9,5% PV) la producción de carne obtenida es similar al caso anterior, por lo tanto, se podría concluir que ninguno de los dos extremos es aconsejable en cuanto a la mezcla evaluada, sino que se debe encontrar el punto de equilibrio que permita obtener buenas producciones de carne y forraje sostenidas en el tiempo.

Almada et al. (2003) observaron que al aumentar la asignación de forraje se registró un aumento en la ganancia diaria por animal, alcanzando el máximo con la asignación de 7% del PV, no variando al aumentar la asignación a 9,5% del PV, como en el presente experimento en el cual no varía la GMD al pasar del tratamiento de media al de alta. La ganancia por hectárea en cambio, aumentó al disminuir la asignación de forraje, así como ocurre en el presente trabajo.

Almada et al. (2003) agregan también que la mayor producción animal por hectárea al pastorear al 2% comparado con 4,5%, siendo que la cantidad de forraje desaparecido es menor, muestra que hubo una mayor eficiencia de conversión del forraje en producto animal al pastorear al 2%. Mientras que en el presente experimento no se encontraron diferencias significativas entre diferentes asignaciones en cuanto al forraje desaparecido.

Como conclusión, se puede mencionar que la ganancia media diaria y la producción por hectárea en función de la dotación animal siguen el comportamiento esperable por lo relevado en la revisión bibliográfica; en particular por lo reportado en el clásico trabajo de Mott (1960). A pesar de ello el punto de intercepción de las dos curvas (ganancia media diaria y producción

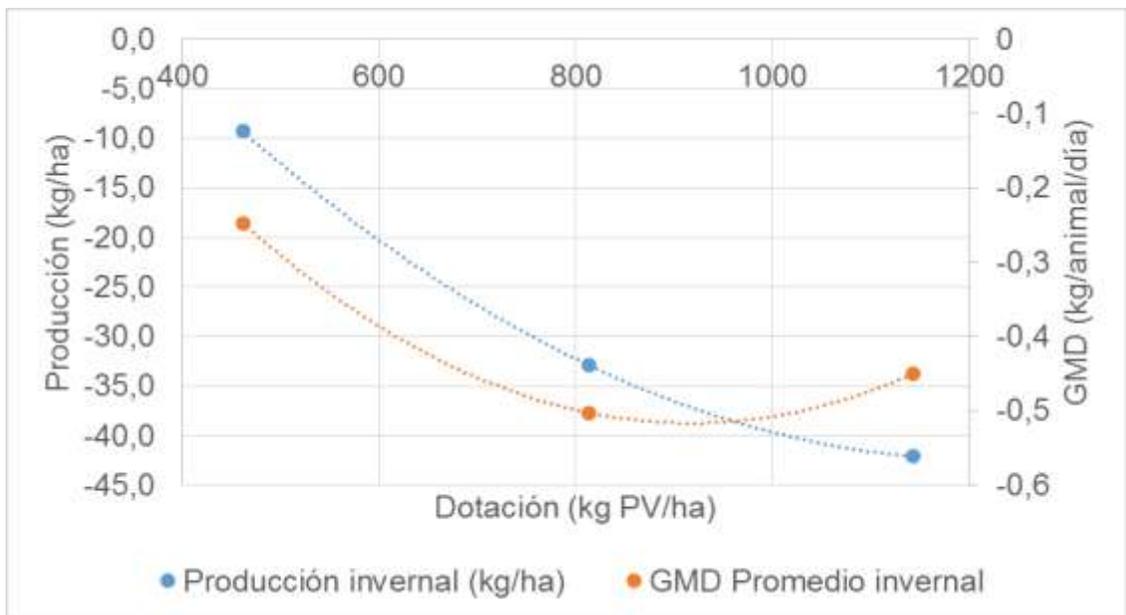
por hectárea) se dan en una dotación menor a las reportadas por Almada et al. (2003), Agustoni et al. (2008), Folgar y Vega (2013); esto se puede explicar por la condición de la pastura, en especial el enmalezamiento, baja frecuencia de leguminosas y el suelo descubierto, parámetros que son propios de la avanzada edad de la mezcla en comparación a las condiciones productivas promedio de la región.

A continuación se procederá a realizar un análisis estacional de los parámetros producción por hectárea y ganancia media diaria.

4.3.2.2. Invierno

A partir del gráfico siguiente, se observa que en el invierno, los animales se encuentran en un balance energético negativo y pierden peso, se registra la mayor pérdida para el tratamiento de alta dotación, pero el mismo no tiene la menor ganancia individual, sino que esta ocurre en el tratamiento de dotación media, aunque las pérdidas por superficie son intermedias. Por último el tratamiento de carga más aliviada tiene el comportamiento esperado, donde las pérdidas individuales son las menores al igual que las pérdidas por superficie.

Gráfica No.15. Producción animal y GMD invernal según dotación



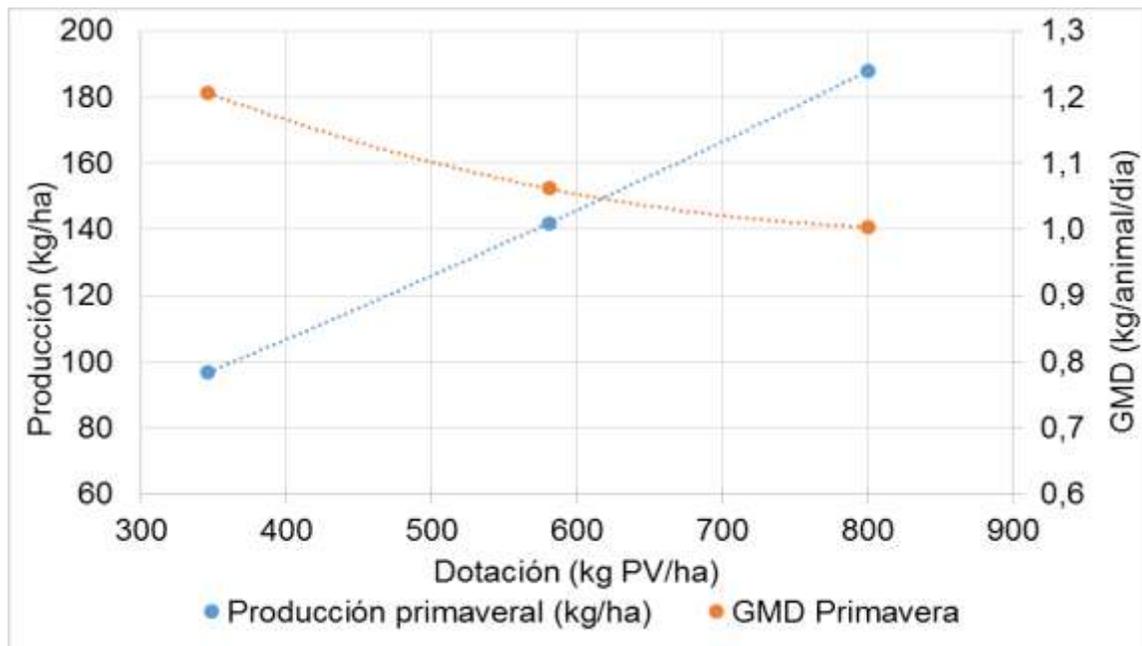
Dentro de ciertos límites, a medida que la presión de pastoreo aumenta, se produce un crecimiento lineal de la producción por hectárea, hasta un nivel máximo a partir del cual la producción por animal se resiente tanto que induce a una caída de la producción por hectárea. Se llega así, a una situación de

sobrepastoreo, a una fuerte competencia entre animales por el pasto disponible, y a una condición subnutricional, que afecta notoriamente la producción individual (Peterson et al., citados por Viglizzo, 1981). Es importante mencionar que en este experimento a pesar de que existió un tratamiento de carga baja, a los efectos del balance de la producción individual y por superficie, incluso el tratamiento aliviado, resultó en una presión de pastoreo demasiado intensa.

4.3.2.3. Primavera

Por otro lado en lo que respecta al período primaveral, en la gráfica se observa como las ganancias diarias individuales disminuyen en la medida que aumenta la dotación de 350 kg/ha PV a 800 kg/ha PV; en cambio, la producción por hectárea incrementa al aumentar la dotación. La pendiente de la curva de producción por superficie es mayor a la pendiente de disminución de la ganancia individual, lo que indica que al aumentar la carga es más importante el aumento por superficie que la disminución en la ganancia individual.

Gráfica No. 16. Producción animal y GMD primaveral según dotación.



Como ya se mencionó, lo observado está acorde a los resultados de Mott (1960), pero en este caso no se alcanzó un nivel tan elevado de carga que implique una disminución de la producción por superficie.

En esta estación la zona óptima de carga se encuentra cercana al tratamiento de dotación intermedia, aunque es superior al mismo, hay que

recordar que se redujo la dotación y por lo tanto el número de animales es similar a la dotación baja que se utilizó en el invierno, con ganancias diarias superiores a 1 kg/animal/día y producciones por superficie en torno a 150 kg/ha, encontrándose las mismas en dotaciones en el rango de 600 a 620 kg/ha PV.

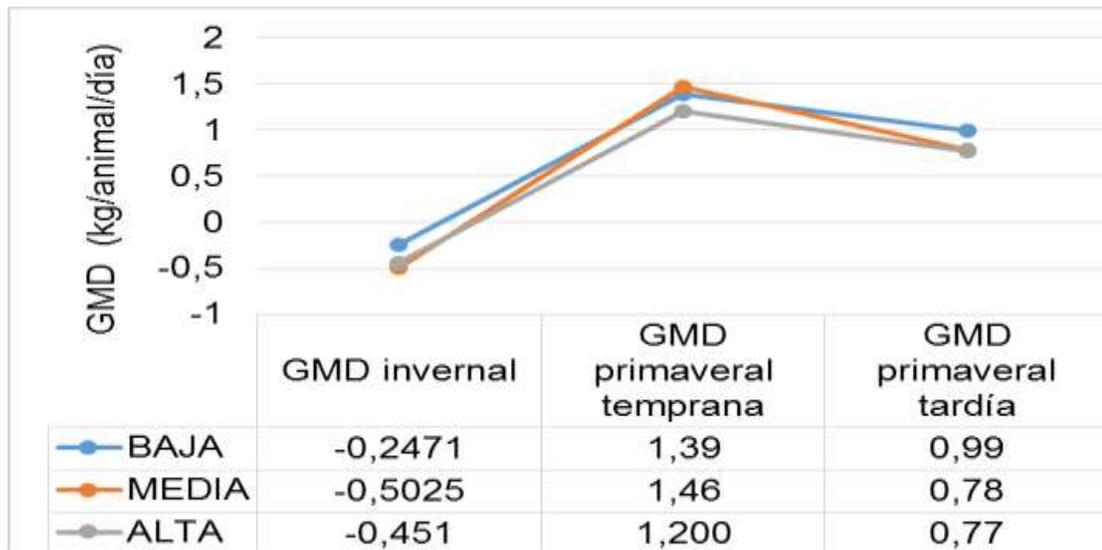
4.3.3. Producción de carne y eficiencia de producción

4.3.3.1. Evolución de la GMD por animal

La evolución de la GMD es creciente entre el invierno y la primavera temprana y de leve decrecimiento entre ésta y la primavera tardía.

En función de la evolución de los valores de ganancia media diaria se puede observar el efecto de la calidad de la dieta sobre el producto animal, determinando así que las bajas tasas de ganancia invernales se correlacionen con una calidad de la dieta limitante; mientras que en la primavera se revierte la situación anterior, por un mayor valor nutritivo, explicado como ya se mencionó por el manejo que impidió la típica pérdida de calidad que se da en esta estación. Lo anterior concuerda con lo expuesto por Carámbula (2010b), quien afirma que la calidad o valor alimenticio de un forraje no se relaciona con el volumen del disponible, sino con el momento del ciclo de la pastura en que es cosechada. La calidad o valor alimenticio de una pastura es función de: a) el valor nutritivo, dependiente de la composición (energía, materiales nitrogenados, minerales y vitaminas) y del equilibrio entre ellas, y b) de la aptitud de las pasturas para ser consumidas (apetecibilidad en cantidad suficiente).

Gráfica No. 17. Evolución de la GMD invernal, primaveral temprana y primaveral tardía según tratamiento.



Cabe mencionar que el criterio bajo el cual se dividió el período experimental por estaciones, implicó que el invierno durara 43 días y la primavera comenzara el 15 de agosto; por lo cual parte de las ganancias en primavera temprana abarcan condiciones invernales.

4.3.4. Eficiencia de producción

La eficiencia de producción es un parámetro que resume los resultados de producción animal, así como de la producción de forraje, por lo cual se destaca su importancia dentro de este trabajo. Se procedió a calcular la eficiencia para el período primaveral, debido a que en el invierno los resultados de producción animal fueron nulos y consecuentemente el cálculo de eficiencia carece de sentido biológico a criterio de los autores; sólo se puede mencionar en relación a este período que la producción de materia seca en invierno no cubrió los requerimientos de mantenimiento de los animales, determinando una pérdida de peso y que esto fue una constante en todos los tratamientos.

Por otra parte, en la primavera el producto animal positivo sí permite el cálculo de eficiencia de producción, ya que la situación es rotundamente diferente a la del invierno. En esta estación las eficiencias de producción varían según tratamientos; lo que concuerda con la afirmación de que la carga es la variable más importante en la determinación de la eficiencia de conversión de pasto a producto animal, Wheeler, citado por Almada et al. (2007).

Cuadro No. 14. Eficiencia de producción primaveral y porcentaje de la misma respecto al tratamiento de alta dotación.

TRAT.	PV/ha (kg)	MS PRODUCIDA (kg)	PRODUCCIÓN ANIMAL (kg/ha)	EFICIENCIA PRODUCCIÓN (kg)	% E.P. T1
ALTA	525,8	1473,2	187,8	7,8	100
MEDIA	534,2	1282,5	142	9	115,1
BAJA	530,7	1815,9	96,7	18,8	239,4

(% E.P. T1: Porcentaje de eficiencia de producción en relación al tratamiento de alta dotación).

En este trabajo, para producir 1 kg de peso vivo en el tratamiento de baja dotación se tuvieron que producir 18,8 kg de forraje, mientras que en los tratamientos de dotación alta e intermedia por cada kilogramo animal producido se necesitaron 7,8 y 9 kg de forraje, valores que estarían indicando la buena calidad del forraje producido, ya que con un rango de 8 a 9 kg de forraje se produjo un kilogramo de producto animal.

Como se puede observar hubo poca diferencia entre los tratamientos de alta y media, pero la diferencia es grande si se comparan los mismos con el de baja, donde se tuvo que producir mayor cantidad de forraje que en los casos anteriores para producir el mismo kilogramo animal.

Las eficiencias promedio para todo el período experimental fueron de 16, 18,9 y 33,7 kg de producción de forraje por cada kilogramo de peso vivo ganado en los tratamientos de alta, media y baja respectivamente; cabe aclarar que en este promedio se tomó una tasa de producción animal en invierno de cero (ya que los animales no ganaron peso), pero se contabilizó el forraje producido en dicha estación. El comportamiento es el mismo que para primavera, siendo las dotaciones media y alta las más eficientes, y la de baja mucho menos eficiente que las anteriores. Estos datos son útiles para comparar los resultados con otros trabajos; Folgar y Vega (2013), en el mismo período registraron eficiencias de producción de 24, 35 y 51 kg producidos de forraje por kilogramo de producción animal para los tratamientos de alta, media y baja dotación; estas eficiencias fueron menores a las del presente experimento.

La diferencia encontrada en eficiencia entre tratamientos concuerdan con lo inferido por Almada et al. (2007) que observaron una mayor eficiencia de conversión del forraje en producto animal al pastorear a altas asignaciones de forraje; se deduce que la producción animal por hectárea aumentó al disminuir la asignación de forraje, siendo que el desaparecido fue igual.

En el trabajo realizado por Cabrera et al. (2013) también observaron que las eficiencias se diferenciaron según las dotaciones, pero esta fue producto de

distintos porcentajes de desaparecido en relación al disponible; lo que no ocurre en el experimento presente, en el cual las diferencias se dieron porque la alta dotación utilizó más eficientemente el forraje al evitar pérdidas, y de ésta forma el consumido fue más similar al desaparecido que en dotaciones bajas. También la gran heterogeneidad de la pastura juega su papel, ya que como Montossi et al. (1996) argumentan, el consumo y selectividad animal bajo pastoreo tienen una importancia fundamental en determinar la productividad y la eficiencia de la utilización del forraje.

Puede decirse que muchas diferencias en eficiencia son producto de diferencias en la calidad del forraje, por ejemplo según Carámbula (2010a) el encañado de la festuca a principios de la primavera produce gran cantidad de materia seca pero de baja digestibilidad, lo que genera una baja eficiencia de producción. Su manejo requiere prevenir la floración para que no ocurra una disminución de la digestibilidad, debiendo ser utilizada de tal manera que no crezca mucho, ya que si pierde terneza pierde digestibilidad, apetecibilidad y el animal puede llegar a rechazarla.

Finalmente, se quiere mencionar que los valores de eficiencia obtenidos determinan que en la pastura, los tratamientos de dotación alta y media fueron los óptimos para asegurar elevadas eficiencias de conversión.

5. CONCLUSIONES

Una pastura mezcla de festuca, trébol blanco y lotus en su quinto año de vida, no debería ser manejada con presiones de pastoreo exigentes como las del presente experimento; debido a que la intensidad del pastoreo obtenido con estas cargas resulto limitante para el óptimo desempeño de la pastura. En estas condiciones el producto animal se resiente y la persistencia de esta pastura resulta comprometida debido a que se producen cambios en su composición botánica (pérdida de leguminosas, aumento de restos secos y enmalezamiento) y que su producción se ve disminuida.

El componente gramínea, conformado por festuca fue la principal especie sembrada que explicó los resultados, tanto vegetales como animales, ya que las leguminosas no realizaron un aporte significativo, independientemente de la dotación.

La edad de la pastura determinó diferencias en la cantidad y distribución del forraje ofrecido, por lo cual un manejo típico de una pastura joven no es extrapolable a una mezcla de quinto año; como consecuencia de lo anterior, en este experimento las cargas de invierno resultaron excesivas, ya que sobrepasaron el punto en el cual las ganancias medias diarias comienzan a disminuir, tornándose negativas.

La calidad de la pastura es consecuencia del manejo y determinante del resultado animal, si bien la misma no se estimó, resultó limitante para el producto animal en el invierno. Por lo cual promover una buena calidad del forraje, evitando el encañado en primavera temprana con un rebrote de alto valor nutritivo, determina ganancias de peso primaverales muy buenas, en torno a 1 kg/animal/día.

Finalmente, se puede concluir que es posible alcanzar producciones aceptables con pasturas de quinto año bajo condiciones similares a las del presente experimento, permitiendo terminar animales (556 kg peso final) con una muy baja inversión de insumos y con altas eficiencias de conversión del forraje.

6. RESUMEN

El presente experimento tuvo lugar en la Estación Experimental “Dr., Mario A, Cassinoni” (Facultad de Agronomía, Universidad de la República; Paysandú, Uruguay), ubicada sobre la ruta nacional No. 3, Km 363. El período experimental comenzó el 3 de julio de 2014 finalizando el 16 de diciembre 2014, abarcando las estaciones de invierno y primavera. Los objetivos fueron la evaluación de la producción de forraje, composición botánica y producción animal de una mezcla forrajera del quinto año constituida por *Festuca arundinacea* (cv Tacuabé), *Trifolium repens* (cv. Zapicán) y *Lotus corniculatus* (cv San Gabriel). Los tratamientos consistieron en diferentes dotaciones animales, siendo las mismas: alta (10 animales en invierno y 7 en primavera), media (7 animales en invierno y 5 en primavera) y baja (4 animales en invierno y 3 en primavera). Se utilizaron novillos de la raza Holando con edad de 2 a 3 años. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos generalizados al azar y el área experimental comprendió un total de 13,8 ha, la cual se dividió en tres bloques y cada bloque se subdividió en 3 parcelas iguales, definidas como unidad experimental. No se encontraron diferencias significativas en el disponible ni en el remanente entre tratamientos; el máximo valor se dio en el tratamiento de baja (2050 kg/ha MS), mientras que el mínimo ocurrió en el tratamiento de alta. Se observaron diferencias en las disponibilidades entre estaciones. Tampoco hubo efecto de los tratamientos sobre el promedio del forraje desaparecido. Sin embargo, el porcentaje de desaparecido en relación a lo producido si presentó diferencias entre los tratamientos. En general las tasas de crecimiento fueron bajas para todo el período, estando en promedio en torno a 20 kg/ha/día MS. Con respecto a la composición botánica, la festuca fue el principal componente sembrado (52,28%), en segundo lugar se encuentran las malezas (26,68%). El suelo descubierto (12,39%) comenzó siendo más importante que las malezas pero disminuyendo hacia la primavera. Los restos secos (20,95%) comenzaron siendo importantes, pero disminuyen hacia el final del experimento. Por otro lado las leguminosas tuvieron una baja contribución en todo el período (7,19%). Los resultados animales determinaron pérdida de peso invernales y ganancia en primavera, con un promedio de 42,55 kg/ha para todo el período. La eficiencia de conversión del forraje producido a peso vivo animal fue mayor en el tratamiento de alta carga, y disminuye conforme aumenta la asignación de forraje, siendo el promedio de 21,46 kg MS por kg PV producido. Se alcanzaron mayores producciones por superficie con mayores cargas y menores ganancias individuales, en cambio, a bajas cargas se promovió la ganancia individual.

Palabras clave: Producción de forraje; Mezcla forrajera del quinto año; Composición botánica; Producción animal; Dotación animal.

7. SUMMARY

The present experiment took place in the Experimental Centre “Dr. Mario A. Cassinoni” (Agronomy Faculty, Republic University; Paysandú, Uruguay), located on the national route No. 3, Km 363. The experimental period began on July 3rd. of 2014 and ended on December 16th. of 2014, covering the winter and spring seasons. The main objectives were the evaluation of the forage production, botanical composition and animal production of a five year-old sward mixture of *Festuca arundinacea* (cv *Tacuabé*), *Trifolium repens* (cv. *Zapican*) y *Lotus corniculatus* (cv *San Gabriel*). The treatments consisted on different animal stocks, these were: high (10 animals on Winter and 7 on spring), medium (7 animals on winter and 5 on spring) and low (4 animals on winter and 3 on spring). The animals used were Holstein steers aged between 2 and 3 years-old. The experimental design was in completely randomized blocks and the experimental area consisted on a total of 13,8 ha, which were divided into three blocks and each block was subdivided into 3 plots, defined as experimental units. No differences were found between treatments on the available forage nor the remanent forage; the maximum value was found on the low treatment, while the minimum was found on the high treatment. Differences were found between seasons. Also, there were not found any effects of the treatments over the disappeared forage. However, the percentage of the disappeared forage in relation to the produced forage did in fact generated differences between treatments. In general, the growth rates were low for the whole period, being on average approximately close to 20 kg DM/ha/d, regarding the botanical composition, fescue was the main sown component (52,28%), in second place were found the weeds (26,68%). The uncovered soil started as more important than weeds but diminished over spring. The dead material began as important but had a clear tendency to decrease over the end of the experiment. The animal results determined a winter weight loss and a spring gain. The conversion efficiency of the produced forage to animal live weight was higher on the high stock treatment, and decreases as the forage assignment decreases as well. The higher productions per surface unit were achieved by higher stocks and lower individual weigh gain, however, at low stocks the individual gain was promoted.

Keywords: Forage production; Five year old sward mixture; Botanical composition; Animal production; Animal stock.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Agnusdei, M.; Colabelli, M.; Mazzanti, A.; Lavreveux, M. 1998. Fundamentos para el manejo de pastizales y pasturas cultivadas de la pampa húmeda bonaerense. INTA Balcarce. Boletín Técnico no.147.16 p.
2. Agustoni, F.; Bussi, C.; Shimabukuro, M. 2008. Efecto de la asignación de forraje sobre la productividad de una pastura de segundo año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía.165 p.
3. Almada, A.; Salle, M.; Vidart, D. 2003. Asignación de forraje y restricción del tiempo de pastoreo en primavera sobre vacas lecheras en praderas permanentes. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 122 p.
4. Almada, S.; Palacios, M.; Villalba, S.; Zipitría, G. 2007. Efectos de la asignación de forraje y la suplementación sobre la productividad de una pastura de raigrás perenne, trébol blanco y *Lotus corniculatus*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 106 p.
5. Altamirano, A.; da Silva, H.; Durán, A.; Panario, U.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay; clasificación de suelos. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
6. Álvarez, A.; Franco Piccioli, F. 2010. Efecto de distintas mezclas forrajeras en el enmalezamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 62 p.
7. Altier, N. 1997. Enfermedades del lotus en Uruguay. Montevideo, INIA. 20 p. (Serie Técnica no. 93).
8. Arenares, G.; Quintana, C.; Rivero, J. 2011. Efecto de tipo de mezcla forrajera sobre la productividad del segundo año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 89 p.
9. Bianchi, J. L. 1982. Relación de distintos parámetros de la pastura con el consumo y ganancia de peso de novillos en pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 83 p.
10. Bignoli, D. P.; Marsico, O. J. V. 1984. Pasturas; implantación, manejo y control de malezas. Buenos Aires, Argentina, Cadia. 134 p.

11. Blaser, R. E.; Skrdla, W. H.; Taylor, T. H. 1952. Ecological and physiological factors in compounding forage seed mixtures. *Advances in Agronomy*. 4: 179-216.
12. _____.; Hammes, R. C.; Bryant, H. T.; Hardison, W. A.; Fontenet, J. P.; Engel, R. W. 1960. The effect of selective grazing on animal output. In: *International Grassland Congress (8th., 1960, Oxford)*. Proceedings. Oxford, Allden. pp. 601 – 606.
13. Cabrera, J.; Luzardo, A.; Mackinnon, P. 2013. Efecto de la dotación animal en una mezcla forrajera en el período estivo –otoñal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 102 p.
14. Cangiano, C. 1997. Consumo en pastoreo. Factores que afectan la facilidad de cosecha. In: Cangiano, C. ed. *Producción animal en pastoreo*. Buenos Aires, INTA. Estación Agropecuaria Experimental Balcarce. pp. 41 – 64.
15. Carámbula, M. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Montevideo, INIA. 46 p. (Serie Técnica no. 19).
16. _____. 2010a. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 1, 357 p.
17. _____. 2010b. Pasturas y forrajes; manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 3, 413 p.
18. Chapman, D. F.; Lemaire, G. 1993. Morfogenetic and structural determinants of plants regrowth after defoliation. In: *International Grassland Congress (12th., 1993, New Zealand)*. Proceedings. s.n.t. pp. 95-104.
19. Chilibroste, P. 1998. Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero en pastoreo; I Predicción del consumo. In: *Jornadas de Buiatría (26as., 1998, Paysandú)*. Memorias. Paysandú, Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 1-7.
20. _____. 2002. Integración de patrones de consumo y oferta de nutrientes para vacas lecheras en pastoreo durante el período otoño – invernal. In: *Jornadas de Buiatría (32as., 2002, Paysandú)*. Memorias. Paysandú, Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 90-96.

21. De Souza, P. A.; Presno, J. P. 2013. Productividad invierno – promaveral de praderas mezclas con *Festuca arundinacea* o *Dactylis glomerata* en su tercer año pastoreadas con novillos Holando con 110 distintas dotaciones. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 111 p.
22. Del Pozo Ibáñez, M. 1963. The effect of cutting treatments on the dry matter production of *Lolium perenne* L. and *Dactylis glomerata* L. Wageningen, Pudoc. 74 p.
23. Díaz Lago, J. 1995. Estudios sobre la producción de forraje estacional y anual de leguminosas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 103 p.
24. _____. 1996. Crecimiento de leguminosas en La Estanzuela. Montevideo, INIA. 18 p. (Serie Técnica no. 71).
25. Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C. W. 2014. InfoStat versión 2014. s.l., Universidad Nacional de Córdoba. FCA. Grupo InfoStat. pp. 82 – 119.
26. Escuder, J.; Castro, O. 1972 Comportamiento agronómico de 9 mezclas forrajeras. CIAAB. Boletín Técnico. 7(1) : 13-39.
27. _____. 1997. Morfología de gramíneas y leguminosas forrajeras. Implicancias en el manejo. In: Cangiano, C. ed. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, INTA. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. pp. 5 – 14.
28. Fariña, M. F.; Saravia, R. 2010. Evaluación de la productividad de mezclas forrajeras bajo pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 82 p.
29. Foglino, F.; Fernández, J. 2009. Efecto del período de ocupación de pastoreo en la productividad de una pastura de primer año de raigrás perenne, t. blanco, *Lotus corniculatus* y agropiro. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 92 p.
30. Folgar, L.; Vega, J. 2013. Efecto de la dotación animal sobre la producción invierno-primaveral de una pastura de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* de tercer año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 149 p.

31. Formoso, F. 1993. *Lotus corniculatus* L. Performance forrajera y características agronómicas asociadas. Montevideo, INIA. 23 p. (Serie Técnica no. 37).
32. _____. 2010. *Festuca arundinacea*, manejo para producción de forraje y semilla. Montevideo, INIA. 192 p. (Serie Técnica no. 182).
33. _____. 2011. Manejo de mezclas forrajeras y leguminosas puras. Producción y calidad de forraje. Efectos del stress ambiental e interferencia de gramilla. Montevideo, INIA. 312 p. (Serie Técnica no. 88).
34. Frame, J. 1983. Resumen y conclusiones. In: Reunión Técnica sobre la Persistencia de Pasturas Mejoradas (1983, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, IICA/BID. pp. 95-106 (Diálogo no. 5).
35. _____. 2005. Forage legumes for temperate grasslands. Enfield, New Hampshire, US, Science. 309 p.
36. Fulkerson, J.; Slack, K. 1994. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*, 1. Effect of water-soluble carbohydrates and senescence. Grass and Forage Science. 49 (4): 373-377.
37. _____; _____. 1995. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*; 2. Effect of defoliation frequency and height. Grass and Forage Science. 50 (1): 16-20.
38. Galli, J. R. 1997. Las pasturas como fuente de alimentación de rumiantes. In: Cangiano, C. ed. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, INTA. Estación Agropecuaria Experimental Balcarce. pp. 27 – 39.
39. García, J. A.; Millot, J. C. 1977. Estandueta Tacuabé, primera variedad de *Festuca arundinacea* creada para el Uruguay. Revista de la Asociación Ingenieros Agrónomos del Uruguay. 9 (2ª. época): 33-36.
40. _____. 1992. Persistencia de leguminosas. Revista INIA. Investigación Agropecuaria. 2(1): 143-156.
41. _____. 1995. Variedades de trébol blanco. Montevideo, INIA. 19 p. (Serie Técnica no. 70).

42. _____. 2003. Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela. Montevideo, INIA. 35 p. (Serie Técnica no. 133).
43. Gregorini, P. 2007. Hagamos pastorear a los animales al atardecer. (en línea). Washington, D. C., USDA. s.p. Consultado 20 oct. 2013. Disponible en http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/59-pastorear_al_atardecer.pdf.
44. Harris, W.; Lazenby, A. 1974. Competitive interactions of grasses with contrasting temperature responses and water stress tolerances. Australian Journal of Agricultural Research. 25 (2): 227–246.
45. Haynes, R. J. 1980. Competitive aspects of the grass-legume association. Advances in Agronomy. 33: 227-261.
46. Hodgson, J.; Jamieson, W. S. 1979. The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behavior and herbage intake of calves under strip-grazing management. Grass and Forage Science. 34 (4): 261-271.
47. _____.; Birchan, J. S. 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.
48. _____. 1990. Grazing management; science into practice. New York, Longman. 203 p.
49. _____.; Lemaire, G.; Da Silva, S.C.; Agnusdei, M.; Wade, M. 2009. Interactions between leaf lifespan and defoliation frequency in temperate and tropical pastures; a review. Grass and Forage Science. 64 (4):341-353.
50. INASE; INIA; FAGRO (Instituto Nacional de Semillas, UY; Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY; UdelaR. FAGRO, UY). 2009. Revisión de la red de ensayos de cultivares de especies forrajeras. Resultados experimentales. Montevideo. 122 p.
51. _____.; _____.; _____. 2015. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras, anuales, bianuales y perennes; período 201. Montevideo. 114 p.

52. Laca, E.; Ungar, E. 1994. Mechanisms of handling time and intake rate of a large mammalian grazer. *Applied Animal Behaviour Science*. 39: 3-19.
53. Langer, R. H. M. 1981. Las pasturas y sus plantas, establecimiento de la pastura. Montevideo, Hemisferio Sur. 514 p.
54. _____. 1994. Pastures, their ecology and management. Oxford, Oxford University Press. 499 p.
55. Lapetina, A. 2014. Manejo racional del pastoreo para sistemas ganaderos sustentables. Montevideo, Hemisferio Sur. 151 p.
56. Leborgne, R. 2009. Antecedentes técnicos y metodologías para presupuestación en establecimientos lecheros. Montevideo, Hemisferio Sur. 53 p.
57. Marchegiani, G. 1985. Morfofisiología de plantas forrajeras. (en línea). NZ Producciones-AACREA. Cuaderno de Actualización Técnica. 36: 6–16. Consultado 12 ago. 2015. Disponible en http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/31-morfofisiologia_plantas_forrajeras.pdf
58. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2014. Anuario estadístico agropecuario. Montevideo. 243 p.
59. Mieres, J. M. 2004. Guía para la alimentación de rumiantes. Montevideo, INIA. 92 p. (Serie Técnica no. 142).
60. Milthorpe, J. L. ; Davidson, F. L. 1986. Physiological aspects of regrowth in grasses. *In*: Milthorpe, J. L. ; Ivins, J. D. eds. The growth of cereal and grasses. Nottingham, Butterworths. pp. 241-253.
61. Minson, D. J. 1983. Forage quality; assesing the plant-animal complex. *In*: International Grassland Congress (14th., 1981, Lexington, Kentucky). Proceedings. Boulder, Colorado, Westview. pp. 23-29.
62. Moliterno, E. A. 2000. Caracterización de la producción inicial de diversas mezclas forrajeras. *Agrociencia* (Montevideo). 4(1): 31-49.
63. Montossi, F.; Risso, D.; Pigurina, G. 1996. Consideraciones sobre utilización de pasturas. *In*: Risso, D.F.; Berretta, E.J.; Morón, A. eds. Producción

y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 93-105 (Serie Técnica no. 80).

64. Mott, G. O. 1960. Grazing pressure and measurements of pasture production. In: International Grassland Congress (8th., 1960, Oxford). Proceedings. Oxford, Allden. pp. 606-611.
65. _____.; Cubillos, G. F. 1969. La influencia de la presión de pastoreo sobre la producción de carne de novillos en praderas de alfalfa y bromo. Agricultura Técnica. 29 (4): 178-185.
66. Olmos López, F. 2004. Factores que afectan la persistencia y productividad de pasturas mejoradas con trébol blanco (*Trifolium repens* L.). Montevideo, INIA. 248 p. (Serie Técnica no. 145).
67. Poppi, D. P.; Hughes, T. P.; L'huillier, P.J. 1987. Intake of pasture by grazing ruminants. In: Nicol, A.M. ed. Livestock feeding on pasture. Hamilton, New Zealand Society of Animal Production. pp. 55-64 (Occasional publication no. 10).
68. Prada, A. 2011. Ganado, pasto y pastores. Montevideo, Hemisferio Sur. 245 p.
69. Rovira, J. 2008. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Hemisferio Sur. 336 p.
70. Santiñaque, F. 1979. Estudios sobre la productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 86 p.
71. _____.; Carámbula, M. 1981. Productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. Investigaciones Agronómicas. no. 2: 16-21.
72. Smetham, M. L. 1981. Manejo del pastoreo. In: Langer, R. H. M. ed. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 210-270.
73. _____. 1994. Pasture management. In: Langer, R. H. M. ed. Pastures, their ecology and management. Oxford, Oxford University Press. pp. 197-240.

74. Tothill, J.; Hargreaves, J.; Jones, R. 1978. A comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. CSIRO. Tropical Agronomy. Technical Memorandum no. 8. 20 p.
75. Viglizzo, E. 1981. Dinámica de los sistemas pastoriles de producción lechera. Buenos Aires, Hemisferio Sur. pp. 83-98.
76. Waldo, D. 1986. Effect of forage quality on intake and forage-concentrate interaction. Journal of Dairy Science. 69 (2): 617-631.
77. Wilson, J. R. 1978. Plant relations in pastures. Melbourne, CSIRO. 425 p.
78. Zanoniani, R.; Ducamp, F. 2004. Leguminosas forrajeras del género lotus en el Uruguay. Cangüé. no. 25: 5-11.
79. _____.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M.; Silveira, D. 2006. Evaluación de cultivares de raigrás bajo distintas intensidades de pastoreo. In: Reunión del Grupo Técnico Regional de Cono Sur, Grupo Campos (21^a., 2006, Pelotas). Trabajos presentados. Pelotas, EMBRAPA. s.p.

9. ANEXOS

Anexo No. 1. Análisis de la varianza para cantidad de forraje disponible en invierno

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DISP. Kg./Ha	9	0.78	0.56	16.39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	845050.7	4	211262.7	3.58	0.1223
BLOQUE	800018	2	400009	6.77	0.052
TRATAMIENTO	45032.67	2	22516.33	0.38	0.7054
Error	236225.3	4	59056.33		
Total	1081276	8			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=423.00310 Error: 59056.3333 gl: 4

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
BAJA	1577	3	140.3	A
ALTA	1464.33	3	140.3	A
MEDIA	1406.67	3	140.3	A

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

Anexo No. 2. Análisis de la varianza para la cantidad de forraje disponible en primavera temprana

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DISP. (kg/ha)	15	0.4	0.16	14.82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	254729.17	4	63682.29	1.67	0.2332
BLOQUE	181208.23	2	90604.12	2.37	0.1435
TRAT.	73520.93	2	36760.47	0.96	0.4148
Error	382014.57	10	38201.46		
Total	636743.73	14			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=224.04674 Error: 38201.4567 gl: 10

TRAT.	Medias	n	E.E.	
BAJA	1443.83	5	89.01	A
ALTA	1343.43	5	89.01	A
MEDIA	1273.23	5	89.01	A

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

Anexo No. 3. Análisis de la varianza para la cantidad de forraje disponible en primavera tardía

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DISP. (kg/ha)	9	0.15	0	10.13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8734.67	3	2911.56	0.29	0.8294
BLOQUE	8450	1	8450	0.85	0.3987
TRAT.	284.67	2	142.33	0.01	0.9858
Error	49673.33	5	9934.67		
Total	58408	8			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=163.98966, Error: 9934.6667 gl: 5

TRAT.	Medias	n	E.E.	
BAJA	1001.17	3	58.73	A
MEDIA	995.83	3	58.73	A
ALTA	987.5	3	58.73	A

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

Anexo No. 4. Análisis de la varianza para la cantidad de forraje disponible total

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DISP. Kg./HA	33	0.03	0	24.3

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	88774.61	2	44387.3	0.46	0.6329
TRATAMIENTO	88774.61	2	44387.3	0.46	0.6329
Error	2866519	30	95550.63		
Total	2955294	32			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=223.70928, Error: 95550.6303 gl: 30

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
BAJA	1340,73	11	93.2	A
ALTA	1260.64	11	93.2	A
MEDIA	1215.27	11	93.2	A

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

Anexo No. 5. Análisis de la varianza para cantidad de disponible por estación

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DISP Kg./HA	33	0,43	0,35	19,32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1263211	4	315802,7	5,23	0,0028
BLOQUE	427771,7	2	213885,8	3,54	0,0426
TRATAMIENTO	835439	2	417719,5	6,91	0,0036
Error	1692083	28	60431,53		
Total	2955294	32			

Test LSD Fisher (DMS=183,52250, Error: 60431,5287 gl: 28)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
p.tardía	1001,71	9	83,77	A		
p. temprana	1303,32	15	64,82		B	
invierno	1482,67	9	81,94			C

Anexo No. 6. Análisis de la varianza para las alturas disponibles en invierno

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALT. DISP.	9	0,06	0	27,32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.54	2	2.27	0.2	0.8272
TRATAMIENTO	4.54	2	2.27	0.2	0.8272
Error	69.49	6	11.58		
Total	74.02	8			

Test LSD Fisher (DMS=6, 79904 Error: 11,5811 gl: 6)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
Alta	13.2	3	1.96	A
Baja	12.67	3	1.96	A
Media	11.5	3	1.96	A

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

Anexo No. 7. Análisis de la varianza para las alturas disponibles en primavera temprana

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALT. DISP.	15	0.16	0.02	16.29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.	7.4	2	3.7	1.14	0.3535
TRATAMIENTO	7.4	2	3.7	1.14	0.3535
Error	39.09	12	3.26		
Total	46.48	14			

Test LSD Fisher (DMS=2,48703 Error: 3,2573 gl: 12)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
ALTA	11.78	5	0.81	A
BAJA	11.34	5	0.81	A
MEDIA	10.12	5	0.81	A

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

Anexo No. 8. Análisis de la varianza para las alturas disponibles en primavera tardía

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALT. DISP.	9	2.60E-03	0	13.64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.	0.03	2	0.01	0.01	0.9921
TRATAMIENTO	0.03	2	0.01	0.01	0.9921
Error	9.57	6	1.59		
Total	9.59	8			

Test LSD Fisher (DMS=2,52305 Error: 1,5948 gl: 6)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
ALTA	9.32	3	0.73	A
BAJA	9.26	3	0.73	A
MEDIA	9.19	3	0.73	A

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

Anexo No. 9. Análisis de la varianza para la altura del disponible total en cm

Análisis de la varianza

Variable	n	R ²	R ² Aj	CV
ALT. DISP.	33	0.05	0	21.55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9.15	2	4.58	0.82	0.45
TRATAMIENTO	9.15	2	4.58	0.82	0.45
Error	167.37	30	5.58		
Total	176.52	32			

Test LSD de Fisher, (Error: 5,5791 gl: 30 DMS=2,05690)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
ALTA	11.5	11	0.71	A
BAJA	11.13	11	0.71	A
MEDIA	10.24	11	0.71	A

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

Anexo No. 10. Análisis de la varianza para cantidad de forraje remanente en invierno

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REM. Kg./Ha	9	0.79	0.58	22.01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.	385028.5	4	96257.12	3.74	0.1147
BLOQUE	325568.4	2	162784.2	6.33	0.0577
TRATAMIENTO	59460.09	2	29730.04	1.16	0.4017
Error	102893.6	4	25723.39		
Total	487922	8			

Test LSD Fisher (DMS=533,89163 Error: 25723.3867 gl: 4).

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
BAJA	842.93	3	92.6	A
MEDIA	682.37	3	92.6	A
ALTA	660.7	3	92.6	A

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

Anexo No. 11. Análisis de la varianza para la cantidad de forraje remanente en primavera temprana

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REM. (kg/ha)	15	0.3	0.02	19.47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	70917.29	4	17729.32	1.06	0.4242
BLOQUE	24335.01	2	12167.5	0.73	0.5064
TRAT.	46582.28	2	23291.14	1.4	0.2922
Error	166954	10	16695.4		
Total	237871.2	14			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=148.11431, Error: 16695.3951 gl: 10

TRAT.	Medias	n	E.E.	
BAJA	735.46	5	58.85	A
MEDIA	657.52	5	58.85	A
ALTA	599.44	5	58.85	A

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

Anexo No. 12. Análisis de la varianza para la cantidad de forraje remanente en primavera tardía

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REM. (kg/ha)	9	0.21	0	17.21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	26840.03	3	8946.68	0.46	0.7248
BLOQUE	4020.06	1	4020.06	0.2	0.6698
TRAT.	22819.98	2	11409.99	0.58	0.5929
Error	98125	5	19625		
Total	124965	8			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=230.48606, Error: 19625.0009 gl: 5

TRAT	Medias	n	E.E.	
BAJA	857.31	3	82.55	A
MEDIA	856.81	3	82.55	A
ALTA	750.24	3	82.55	A

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

Anexo No. 13. Análisis de la varianza para la cantidad de remanente total

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REM. Kg./HA	33	0.1	0.04	24.63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	112994.7	2	56497.35	1.73	0.1941
TRATAMIENTO	112994.7	2	56497.35	1.73	0.1941
Error	978527.2	30	32617.57		
Total	1091522	32			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=130.70525, Error: 32617.5739 gl: 30

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
BAJA	795.76	11	54.45	A	
MEDIA	748.96	11	54.45	A	B
ALTA	655.04	11	54.45		B

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

Anexo No. 14. Análisis de la varianza para cantidad de remanente entre estaciones

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REM Kg./HA	33	0,13	0,01	25,09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	143582,7	4	35895,67	1,06	0,3945
BLOQUE	20811,31	2	10405,65	0,31	0,7378
TRATAMIENTO	122771,4	2	61385,68	1,81	0,1818
Error	947939,3	28	33854,97		
Total	1091522	32			

Test LSD Fisher (DMS = 137,36268 Error: 33854,9734 gl: 28)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
p. temprana	675,75	15	48,52	A	
invierno	728,67	9	61,33	A	B
p.tardía	829,83	9	62,7		B

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

Anexo No. 15. Análisis de la varianza para las alturas remanentes en invierno

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALT. REM.	9	0.09	0	30.63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.52	2	1.26	0.3	0.7515
TRATAMIENTO	2.52	2	1.26	0.3	0.7515
Error	25.18	6	4.2		
Total	27.69	8			

Test LSD Fisher (DMS=4.09263 Error: 4.1962 gl: 6)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
Baja	7.43	3	1.18	A
Alta	6.36	3	1.18	A
Media	6.27	3	1.18	A

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

Anexo No. 16. Análisis de la varianza para las alturas remanentes en primavera temprana

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALT. REM.	15	0.41	0.31	10.42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.7	2	1.85	4.19	0.0418
TRATAMIENTO	3.7	2	1.85	4.19	0.0418
Error	5.3	12	0.44		
Total	9	14			

Test LSD Fisher (DMS=0.91614 Error: 0.4420 gl: 12).

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
BAJA	7.08	5	0.3	A	
ALTA	6.08	5	0.3		B
MEDIA	5.98	5	0.3		B

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

Anexo No. 17. Análisis de la varianza para las alturas remanentes en primavera tardía

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALT. REM.	9	0.13	0	19.32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.17	2	1.08	0.46	0.6507
TRATAMIENTO	2.17	2	1.08	0.46	0.6507
Error	14.07	6	2.35		
Total	16.24	8			

Test LSD Fisher (DMS=3.05951 Error: 2.3451 gl: 6).

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
BAJA	8.59	3	0.88	A	
MEDIA	7.77	3	0.88	A	
ALTA	7.42	3	0.88	A	

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

Anexo No. 18. Análisis de la varianza remanente total en cm

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALT. REM.	33	0.12	0.06	20.32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.	8.15	2	4.08	2.08	0.1422
TRATAMIENTO	8.15	2	4.08	2.08	0.1422
Error	58.7	30	1.96		
Total	66.85	32			

Test LSD Fisher, Alfa=0,10 DMS=1,01237, Error: 1,9568 gl: 30

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
Baja	7.6	11	0.42	A	
Media	6.6	11	0.42		B
Alta	6.5	11	0.42		B

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

Anexo No. 19. Análisis de la varianza forraje desaparecido en kg/ha MS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DESAPARECIDO kg/ha	9	0.75	0.5	13.06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.	116781.1	4	29195.27	3.01	0.1554
BLOQUE	105514.4	2	52757.21	5.44	0.0722
TRATAMIENTO	11266.65	2	5633.32	0.58	0.6004
Error	38774.33	4	9693.58		
Total	155555.4	8			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=171.37697, Error: 9693.5817 gl: 4

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
ALTA	803.8	3	56.84	A
BAJA	733.97	3	56.84	A
MEDIA	724.43	3	56.84	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Anexo No. 20. Análisis de la varianza para el forraje desaparecido en kg/ha MS según estaciones

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DESAPARECIDO kg/ha	24	0,77	0,72	25,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1378084	4	344521	15,56	<0,0001
BLOQUE	193955,7	2	96977,83	4,38	0,0273
TRATAMIENTO	1184128	2	592064,1	26,74	<0,0001
Error	420711,6	19	22142,72		
Total	1798795	23			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=131,01194; Error: 22142,7169; gl:19

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
p.tardía	173,15	6	60,75	A	
p.temprana	689,36	9	49,6		B
invierno	754,07	9	49,6		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Anexo No. 21. Análisis de la varianza para el porcentaje del desaparecido invernal

Análisis de la varianza

VARIABLE	N	R ²	R ² AJ	CV
% DESAPARECIDO DEL TOTAL PRODUCIDO INVIERNO	9	0.62	0.24	102.54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	73139.09	4	18284.77	1.64	0.3213
BLOQUE	53179.48	2	26589.74	2.39	0.2078
TRATAMIENTO	19959.61	2	9979.8	0.9	0.4769
Error	44542.58	4	11135.64		
Total	117681.67	8			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=183.68259, Error: 11135.6444 gl: 4.

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
BAJA	168.87	3	60.93	A
MEDIA	77.93	3	60.93	A
ALTA	61.93	3	60.93	A

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

Anexo No. 22. Análisis de la varianza para el porcentaje del desaparecido en primavera temprana

Análisis de la varianza

VARIABLE	N	R ²	R ² AJ	CV
% DESAPARECIDO DEL TOTAL PRODUCIDO P. TEMPRANA	9	0.86	0.71	16.84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3289.11	4	822.28	5.99	0.0555
BLOQUE1	3189.56	2	1594.78	11.62	0.0216
TRATAMIENTO1	99.56	2	49.78	0.36	0.7166
Error	549.11	4	137.28		
Total	3838.22	8			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=20.39438, Error: 137.2778 gl: 4.

TRATAMIENTO1	Medias	n	E.E.	
BAJA	74	3	6.76	A
ALTA	68.67	3	6.76	A
MEDIA	66	3	6.76	A

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

Anexo No. 23. Análisis de la varianza para el porcentaje del desaparecido en primavera tardía

Análisis de la varianza

VARIABLE	N	R ²	R ² Aj	CV
% DESAPARECIDO DEL TOTAL PRODUCIDO P. TEMPRANA	6	0.44	0	63.25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1684.56	3	561.52	0.52	0.7103
BLOQUE	62.73	1	62.73	0.06	0.8321
TRATAMIENTO	1621.83	2	810.92	0.75	0.5715
Error	2163.16	2	1081.58		
Total	3847.72	5			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=96.03074, Error: 1081.5817 gl: 2.

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
ALTA	68.85	2	23.25	A
MEDIA	57.45	2	23.25	A
BAJA	29.7	2	23.25	A

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

Anexo No. 21. Análisis de la varianza para el porcentaje del desaparecido total

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%DESAPARECIDO DEL TOTAL PRODUCIDO	9	0.75	0.5	10.26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	32.41	4	8.1	3	0.1563
BLOQUE3	27.88	2	13.94	5.16	0.078
TRATAMIENTO3	4.53	2	2.27	0.84	0.4965
Error	10.81	4	2.7		
Total	43.22	8			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=2.86119, Error: 2.7019 gl: 4

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
ALTA	17.02	3	0.95	A
BAJA	15.67	3	0.95	A
MEDIA	15.39	3	0.95	A

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

Anexo No.24. Análisis de la varianza para la producción por estaciones

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PRODUCCION	24	0,69	0,62	44,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9583524,6	4	2395881	10,5	0,0001
BLOQUE	3386874,49	2	1693437	7,42	0,0042
TRATAMIENTO	6196650,12	2	3098325	13,58	0,0002
Error	4335649,06	19	228192,1		
Total	13919173,7	23			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=420, 57716; Error: 228192, 00559 gl: 19.

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
P. TARDIA	447,37	6	195,02	A	
P. TEMPRANA	1076,33	9	159,23		B
INVIERNO	1461,22	9	159,23		B

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

Anexo No. 25. Análisis de la varianza para la producción invernal

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PRODUCCIÓN (kg/ha)	9	0.95	0.9	22.8

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8094481.11	4	2023620.28	18.24	0.0078
BLOQUE	8068483.56	2	4034241.78	36.36	0.0027
TRATAMIENTO	25997.56	2	12998.78	0.12	0.8924
Error	443808.44	4	110952.11		
Total	8538289.56	8			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=579.79985, Error: 110952.1111 gl: 4.

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
ALTA	1534.33	3	192.31	A
BAJA	1442.67	3	192.31	A
MEDIA	1406.67	3	192.31	A

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

Anexo No. 26. Análisis de la varianza para la producción primaveral temprana

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PRODUCCIÓN (kg/ha)	9	0.83	0.65	20.96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	964217.33	4	241054.33	4.73	0.0806
BLOQUE	936492.67	2	468246.33	9.2	0.0319
TRATAMIENTO	27724.67	2	13862.33	0.27	0.7747
Error	203642.67	4	50910.67		
Total	1167860	8			

Test: LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=392.74865, Error: 50910.6667 gl: 4.

TRATAMIENTO1	Medias	n	E.E.	
BAJA	1135.33	3	130.27	A
ALTA	1091.67	3	130.27	A
MEDIA	1002	3	130.27	A

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

Anexo No. 27. Análisis de la varianza para la producción primaveral tardía

Análisis de la varianza

VARIABLE	N	R ²	R ² AJ	CV
PRODUCCIÓN (kg/ha)	6	0.45	0	83.89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	228459.3	3	76153.1	0.54	0.7003
BLOQUE	55565.13	1	55565.13	0.39	0.5941
TRATAMIENTO	172894.2	2	86447.09	0.61	0.6197
Error	281714.3	2	140857.2		
Total	510173.6	5			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=1095.89784, Error: 140857.1467 gl: 2.

TRATAMIENTO2	Medias	n	E.E.	
BAJA	680.3	2	265.38	A
ALTA	381.2	2	265.38	A
MEDIA	280.6	2	265.38	A

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

Anexo No. 28. Análisis de la varianza para la producción total

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PRODUCCIÓN (kg/ha)	9	0.83	0.65	13.38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4322651	4	1080663	4.79	0.0793
BLOQUE	4060880	2	2030440	8.99	0.0331
TRATAMIENTO	261770.9	2	130885.4	0.58	0.6011
Error	903345.1	4	225836.3		
Total	5225996	8			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=827.19360, Error: 225836.2778 gl: 4.

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
BAJA	3691.33	3	274.37	A
ALTA	3654	3	274.37	A
MEDIA	3312.33	3	274.37	A

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

Anexo No. 29. Análisis de la varianza para la tasa de crecimiento en invierno

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
T. CREC.	9	0.92	0.84	22.96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1696.49	4	424.12	11.89	0.0171
BLOQUE	1675.21	2	837.6	23.49	0.0062
TRATAMIENTO	21.28	2	10.64	0.3	0.7572
Error	142.66	4	35.66		
Total	1839.15	8			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=10.39508, Error: 35.6644 gl: 4.

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
ALTA	27.9	3	3.45	A
MEDIA	26	3	3.45	A
BAJA	24.13	3	3.45	A

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

Anexo No. 30. Análisis de la varianza para la tasa de crecimiento en primavera temprana

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
T. CREC.	9	0.87	0.74	23.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.	1711.77	4	427.94	6.7	0.0462
BLOQUE1	1673.25	2	836.62	13.09	0.0176
TRATAMIENTO1	38.52	2	19.26	0.3	0.7552
Error	255.57	4	63.89		
Total	1967.34	8			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=13.91344, Error: 63.8923 gl: 4.

TRATAMIENTO1	Medias	n	E.E.	
BAJA	36.92	3	4.61	A
ALTA	34.21	3	4.61	A
MEDIA	31.86	3	4.61	A

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

Anexo No. 31. Análisis de la varianza para la tasa de crecimiento en primavera tardía

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
T. CREC.	6	0.87	0.68	48.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.	352.11	3	117.37	4.49	0.1875
BLOQUE	331.53	1	331.53	12.69	0.0706
TRATAMIENTO	20.58	2	10.29	0.39	0.7174
Error	52.26	2	26.13		
Total	404.37	5			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=14.92671, Error: 26.1317 gl: 2.

TRATAMIENTO2	Medias	n	E.E.	
MEDIA	12.3	2	3.61	A
ALTA	11.55	2	3.61	A
BAJA	8.05	2	3.61	A

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

Anexo No. 32. Análisis de la varianza para la tasa de crecimiento total

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
T. CREC.	9	0.95	0.91	11.84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.	1098.44	4	274.61	20.68	0.0062
BLOQUE	1078.22	2	539.11	40.6	0.0022
TRATAMIENTO	20.22	2	10.11	0.76	0.5245
Error	53.11	4	13.28		
Total	1151.56	8			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=6.34268, Error: 13.2778 gl: 4

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
ALTA	32.67	3	2.1	A
BAJA	30.67	3	2.1	A
MEDIA	29	3	2.1	A

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

Anexo No.33 . Análisis de la varianza para la tasa de crecimiento estacional

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
T CREC	24	0,33	0,26	56,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2028,58	2	1014,29	5,06	0,0161
ESTACIÓN	2028,58	2	1014,29	5,06	0,0161
Error	4212,53	21	200,6		
Total	6241,11	23			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=6.34268, Error: 13.2778 gl: 4

ESTACIÓN	Medias	n	E.E.		
primavera tardía	10,63	6	5,78	A	
invierno	26	9	4,72		B
primavera temprana	34,33	9	4,72		B

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

Anexo No. 34. Análisis de la varianza para % gramíneas en el disponible

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GRAM. %	27	0.12	0.05	15.26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	256.94	2	128.47	1.7	0.2046
TRATAMIENTO	256.94	2	128.47	1.7	0.204
Error	1817.31	24	75.72		
Total	2074.26	26			

Test LSD Fisher (DMS=7.01815 Error: 75.7213 gl: 24)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
BAJA	61.38	9	2.9	A
MEDIA	54.92	9	2.9	A
ALTA	54.75	9	2.9	A

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

Anexo No. 35. Análisis de la varianza para % leguminosas en el disponible

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LEGUMINOSAS	27	2.50E-04	0	96.51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.23	2	0.12	3.00E-03	0.997
TRATAMIENTO	0.23	2	0.12	3.00E-03	0.997
Error	927.36	24	38.64		
Total	927.59	26			

Test LSD Fisher (DMS=5.01339 Error: 38.6399)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
ALTA	6.54	9	2.07	A
MEDIA	6.47	9	2.07	A
BAJA	6.32	9	2.07	A

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

Anexo No. 36. Análisis de la varianza para porcentaje malezas en el disponible

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MALEZAS	27	7.50E-05	0	51.82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.2	2	0.1	9.00E-04	0.9991
TRATAMIENTO	0.2	2	0.1	9.00E-04	0.9991
Error	2666.04	24	111.09		
Total	2666.24	26			

Test LSD Fisher (DMS=8.50045 Error: 111.0852).

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
ALTA	20.46	9	3.51	A
MEDIA	20.28	9	3.51	A
BAJA	20.28	9	3.51	A

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

Anexo No. 37. Análisis de la varianza para % suelo descubierto en el disponible

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
S. DESCUB.	27	4.10E-03	0	52.62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5.73	2	2.87	0.05	0.9516
TRATAMIENTO	5.73	2	2.87	0.05	0.9516
Error	1384.64	24	57.69		
Total	1390.37	26			

Test LSD Fisher (DMS=6.12599 Error: 57.6933)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
MEDIA	14.77	9	2.53	A
ALTA	14.75	9	2.53	A
BAJA	13.78	9	2.53	A

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

Anexo No. 34. Análisis de la varianza para % gramíneas para el dispon remanente y para los tratamientos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GRAMINEAS	6	0.29	0	5.33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6.25	3	2.08	0.27	0.8461
Columna1	3.42	1	3.42	0.44	0.5749
TRATAMIENTO	2.83	2	1.41	0.18	0.8457
Error	15.5	2	7.75		
Total	21.75	5			

Test LSD Fisher DMS=6.63822 (Error: 7.7523)

	Medias	n	E.E.	
REMANENTE	53.03	3	1.61	A
DISPONIBLE	51.52	3	1.61	A

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

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=8.13013 (Error: 7.7523)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
BAJA	53.14	2	1.97	A
ALTA	52.24	2	1.97	A
MEDIA	51.46	2	1.97	A

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

Anexo No. 38. Análisis de la varianza para leguminosas disponible-remanente y tratamiento

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LEGUMINOSAS	6	0.35	0	35.96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7.29	3	2.43	0.36	0.7903
Columna1	4.18	1	4.18	0.63	0.5117
TRATAMIENTO	3.11	2	1.55	0.23	0.8113
Error	13.37	2	6.68		
Total	20.66	5			

Test LSD Fisher DMS=6.16320 (Error: 6.6825)

	Medias	n	E.E.	
DISPONIBLE	8.02	3	1.49	A
REMANENTE	6.35	3	1.49	A

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

Test LSD Fisher DMS=7.54834 (Error: 6.6825)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
MEDIA	7.97	2	1.83	A
ALTA	7.37	2	1.83	A
BAJA	6.23	2	1.83	A

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

Anexo No. 39. Análisis de la varianza para %malezas según disponible y remanente y por tratamientos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MALEZAS	6	0.35	0	12.31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11.7	3	3.9	0.36	0.7916
Columna1	11.62	1	11.62	1.08	0.4084
TRATAMIENTO	0.08	2	0.04	3.70E-03	0.9963
Error	21.59	2	10.79		
Total	33.29	5			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=7.83268 (Error: 10.7932)

	Medias	n	E.E.	
DISPONIBLE	28.07	3	1.9	A
REMANENTE	25.29	3	1.9	A

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

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=9.59304 (Error: 10.7932)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
MEDIA	26.81	2	2.32	A
ALTA	26.71	2	2.32	A
BAJA	26.53	2	2.32	A

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

Anexo No. 40. Análisis de la varianza % suelo descubierto para disponible y remanente y por tratamientos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
S. DESCUBIERTO	6	0.93	0.83	4.93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10.46	3	3.49	9.34	0.0983
Columna1	9.7	1	9.7	25.99	0.0364
TRATAMIENTO	0.76	2	0.38	1.01	0.4965
Error	0.75	2	0.37		
Total	11.21	5			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=1.45671 (Error: 0.3733)

	Medias	n	E.E.		
REMANENTE	13.67	3	0.35	A	
DISPONIBLE	11.12	3	0.35		B

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

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=1.78410 (Error: 0.3733)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
MEDIA	12.86	2	0.43	A
BAJA	12.34	2	0.43	A
ALTA	11.99	2	0.43	A

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

Anexo No. 41. Análisis de la varianza para % gramíneas en el remanente

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GRAM. %	27	0.04	0	14.03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	54.19	2	27.1	0.47	0.6316
TRATAMIENTO	54.19	2	27.1	0.47	0.6316
Error	1388.16	24	57.84		
Total	1442.35	26			

Test LSD Fisher (DMS=6.13377 Error: 57.8398)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
ALTA	56.17	9	2.54	A
MEDIA	53.53	9	2.54	A
BAJA	52.91	9	2.54	A

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

Anexo No. 42. Análisis de la varianza % leguminosas en el remanente

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LEGUMINOSAS	27	0.06	0	95.04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	83.99	2	41.99	0.82	0.4529
TRATAMIENTO	83.99	2	41.99	0.82	0.4529
Error	1230.97	24	51.29		
Total	1314.96	26			

Test LSD Fisher (DMS=5.77606 Error: 51.2904)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
BAJA	9.03	9	2.39	A
MEDIA	8.51	9	2.39	A
ALTA	5.06	9	2.39	A

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

Anexo No. 40. Análisis de la varianza % malezas en el remanente

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MALEZAS	27	0.05	0	42.11

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	102.02	2	51.01	0.62	0.5471
TRATAMIENTO	102.02	2	51.01	0.62	0.5471
Error	1979.29	24	82.47		
Total	2081.31	26			

Test LSD Fisher (DMS=7.32425 Error: 82.4706)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
MEDIA	23.07	9	3.03	A
BAJA	22.8	9	3.03	A
ALTA	18.82	9	3.03	A

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

Anexo No. 43. Análisis de la varianza % suelo descubierto en el remar

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
S. DESCUB.	27	4.20E-03	0	51.13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5.69	2	2.84	0.05	0.9503
TRATAMIENTO	5.69	2	2.84	0.05	0.9503
Error	1335.75	24	55.66		
Total	1341.44	26			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=6.01688 (Error: 55.6564)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
BAJA	15.17	9	2.49	A
MEDIA	14.56	9	2.49	A
ALTA	14.04	9	2.49	A

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

Anexo No. 44. Análisis de la varianza para % gramíneas disponible-remanente

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GRAM. %	54	0.03	0.01	14.79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	106.82	1	106.82	1.58	0.2144
TRAT.	106.82	1	106.82	1.58	0.2144
Error	3516.6	52	67.63		
Total	3623.43	53			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=3.74824 (Error: 67.6270)

TRAT.	Medias	n	E.E.	
DISPONIBLE	57.02	27	1.58	A
REMANENTE	54.2	27	1.58	A

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

Anexo No. 45. Análisis de la varianza para % suelo descubierto disponible remanente

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
S. DESCUB.	54	1.20E-04	0	49.94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.33	1	0.33	0.01	0.9376
TRAT	0.33	1	0.33	0.01	0.9376
Error	2731.81	52	52.53		
Total	2732.14	53			

Test LSD Fisher (DMS=3.30363 Error: 52.5349)

TRAT.	Medias	n	E.E.	
REMANENTE	14.59	27	1.39	A
DISPONIBLE	14.44	27	1.39	A

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

Anexo No. 46. Análisis de la varianza para % leguminosas disponible-remanente

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LEGUMINOSAS	54	0.01	0	93.97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	16.16	1	16.16	0.37	0.5431
TRAT.	16.16	1	16.16	0.37	0.5431
Error	2242.55	52	43.13		
Total	2258.71	53			

Test LSD Fisher (DMS=2.99321 Error: 43.1259)

TRAT.	Medias	n	E.E.	
REMANENTE	7.54	27	1.26	A
DISPONIBLE	6.44	27	1.26	A

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

Anexo No. 47. Análisis de la varianza para % malezas disponible-remanente

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MALEZAS	54	4.30E-03	0	45.6

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	20.29	1	20.29	0.22	0.6393
TRAT.	20.29	1	20.29	0.22	0.6393
Error	4747.56	52	91.3		
Total	4767.84	53			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=4.35513 (Error: 91.2991)

TRAT.	Medias	n	E.E.	
REMANENTE	21.57	27	1.84	A
DISPONIBLE	20.34	27	1.84	A

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

Anexo No. 48. Análisis de la varianza para % restos secos disponible-remanente

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rem.-disp.	33	0.04	0	36.84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	66.24	2	33.12	0.55	0.5816
Columna1	66.24	2	33.12	0.55	0.5816
Error	1800.73	30	60.02		
Total	1866.97	32			

Test LSD Fisher Alfa=0.10 DMS=5.60700, Error: 60.0242 gl: 30

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
ALTA	23	11	2.34	A
BAJA	20.36	11	2.34	A
MEDIA	19.73	11	2.34	A

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

Anexo No. 49. Análisis de la varianza % restos secos disponible

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
R.S. DIS.	33	0.01	0	37.01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	29.8	2	14.9	0.22	0.8028
Columna1	29.8	2	14.9	0.22	0.8028
Error	2020.19	30	67.34		
Total	2049.99	32			

Test LSD Fisher (DMS=7.14608 Error: 67.3397)

	Medias	n	E.E.	
ALTA	23.5	11	2.47	A
MEDIA	21.69	11	2.47	A
BAJA	21.33	11	2.47	A

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

Anexo No. 50. Análisis de la varianza % restos secos remanente

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
R.S. REM.	33	0.05	0	41.64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	108.43	2	54.21	0.81	0.4554
Columna1	108.43	2	54.21	0.81	0.4554
Error	2013.91	30	67.13		
Total	2122.34	32			

Test LSD Fisher (DMS=7.13496 Error: 67.1303)

	Medias	n	E.E.	
ALTA	22.02	11	2.47	A
BAJA	19.41	11	2.47	A
MEDIA	17.6	11	2.47	A

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

Anexo No. 51. Análisis de la varianza para GMD invernol

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GMD	21	0.11	0.01	65.2

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.17	2	0.09	1.12	0.3493
TRATAMIENTO	0.17	2	0.09	1.12	0.3493
Error	1.41	18	0.08		
Total	1.58	20			

Test LSD Fisher (DMS=0.27812 Error: 0.0783)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
BAJA	-0.25	4	0.14	A
ALTA	-0.45	10	0.09	A
MEDIA	-0.5	7	0.11	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo No. 52. Análisis de la varianza para GMD agosto-octubre

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GMD ago. Oct.	15	0.14	1.20E-03	23.79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.2	2	0.1	1.01	0.3938
TRATAMIENTO	0.2	2	0.1	1.01	0.3938
Error	1.19	12	0.1		
Total	1.39	14			

Test LSD Fisher (DMS=0.37732 Error: 0.0994)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
MEDIA	1.46	5	0.14	A
BAJA	1.39	3	0.18	A
ALTA	1.2	7	0.12	A

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

Anexo No. 53. Análisis de la varianza para GMD octubre-diciembre

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DIFERENCIA DIC.-OCT.	15	0.22	0.09	41.38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.32	2	0.16	1.67	0.2298
TRATAMIENTO	0.32	2	0.16	1.67	0.2298
Error	1.16	12	0.1		
Total	1.48	14			

Test LSD Fisher (DMS=0.37237 Error: 0.0968)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
BAJA	0.99	3	0.18	A	
ALTA	0.77	7	0.12	A	B
MEDIA	0.58	5	0.14		B

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

Anexo No. 54. Análisis de la varianza para agosto-diciembre

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GMD dic.-ago.	15	0.3	0.18	12.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.09	2	0.04	2.56	0.1186
TRATAMIENTO	0.09	2	0.04	2.56	0.1186
Error	0.2	12	0.02		
Total	0.29	14			

Test LSD Fisher (DMS=0.15621 Error: 0.0170)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
BAJA	1.21	3	0.08	A	
MEDIA	1.06	5	0.06	A	B
ALTA	1	7	0.05		B

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