

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DE LA ESTRUCTURA DE LA ROTACIÓN FORRAJERA Y DEL
CONTROL DE LA INTENSIDAD DE DEFOLIACIÓN SOBRE LA
PRODUCCIÓN ESTACIONAL Y TOTAL DE FORRAJE EN SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN DE LECHE**

por

Sandra ZIBIL SÁNCHEZ

TESIS presentada como uno
de los requisitos para obtener
el título de *Magister* en
Ciencias Agrarias
opción Ciencias Animales

MONTEVIDEO
URUGUAY
Marzo 2016

PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis aprobada por el tribunal integrado por D.M.T.V. (Dr) Daniel Laborde, Ing. Agr. MSc. Ramiro Zanoniani e Ing. Agr. Oswaldo Ernst, el día 26 de octubre de 2015. Autora: Ing. Agr. Sandra Zibil Sánchez. Director: Ing. Agr. (PhD) Pablo Chilibroste.

DEDICATORIA

A Jujo mi compañero incondicional y motor de toda mi vida. A mis dos hijas Lucía y Elisa, lo más importante de mi vida personal y responsables de que culminara este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Mi especial agradecimiento a Pablo “Chili” por permitirme recorrer juntos kilómetros en busca de respuestas, que me enseñaron a comprender y entender de forma diferente el porqué de las cosas. Haber aceptado dirigir mi tesis, creer en mí y empujarme a culminar un proyecto de formación humana, profesional y académica especial en mi vida.

A Oswaldo Ernst y Ramiro Zanoniani integrantes del equipo de EEMAC por la formación, el apoyo y guía durante el desarrollo del trabajo.

A los responsables zonales de CONAPROLE, que durante el período de relevamiento facilitaron, apoyaron y colaboraron en la obtención de la información que se presenta en este trabajo, sin ellos no hubiera sido posible.

A los productores que se involucraron en este proyecto y camino de cambio en la producción lechera, y que durante dos años me recibieron, aceptando y respetando las reglas de juego.

A la Unidad de Posgrado-Facultad de Agronomía por permitirme esta oportunidad.

Al personal de Biblioteca-Facultad de Agronomía por su apoyo, sugerencias y rápida respuesta en la búsqueda de información bibliográfica.

A mis compañeras Rosana, Emiliana y Alicia que me apoyaron, alentaron y comprendieron este proceso, brindándome el mejor ambiente de trabajo en momentos difíciles.

A mi familia Jujo, Lu y Eli por estar siempre conmigo y aceptar el “ahora no puedo”.

TABLA DE CONTENIDO	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN.....	VII
SUMMARY.....	VIII
1 <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
1.1.1 <u>Uso del suelo en sistemas de producción lechera</u>	5
1.1.1.1 Fase pastura en la rotación y producción de forraje otoño invernal	7
1.1.1.2 Efecto de la fecha de siembra	9
1.1.1.3 Efecto de la duración de la rotación forrajera y superficie efectiva de pastoreo	9
1.1.2 <u>Control del proceso de pastoreo</u>	16
1.1.2.1 Control de la intensidad de defoliación y tasa de crecimiento de la pastura	17
1.1.2.2 Efecto de la carga animal	20
1.1.2.3 Efecto de la asignación de forraje	22
1.1.2.4 Control de altura y biomasa de forraje	24
2 <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	28
2.1 NIVEL 1: MONITOREO DE 27 PREDIOS COMERCIALES	28
2.1.1 <u>Localización y período experimental</u>	28
2.1.2 <u>Mediciones experimentales y toma de muestras</u>	29
2.1.2.1 Uso del suelo	29
2.1.2.2 Determinación en la pastura y suplementos	31
2.2 NIVEL 2: INTERVENCIÓN EN OCHO PREDIOS COMERCIALES	32
2.2.1 <u>Localización y período experimental</u>	32
2.2.2 <u>Selección de potreros</u>	33
2.3 TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	35
2.4 MEDICIONES EN LA PASTURA	36

2.4.1	<u>Determinación de la tasa de crecimiento</u>	36
2.4.2	<u>Forraje desaparecido</u>	37
2.4.3	<u>Relación altura-biomasa y caracterización de la pastura</u> ...	37
2.5	MODELOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	38
3	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	40
3.1	NIVEL1: MONITOREO DE 27 PREDIOS COMERCIALES	40
3.1.1	<u>Uso del suelo</u>	40
3.1.2	<u>Efecto de la rotación forrajera y superficie a sembrar en otoño</u>	44
3.1.3	<u>Efecto de la fecha de siembra en la producción de forraje</u>	46
3.1.4	<u>Disponibilidad y altura de forraje</u>	50
3.1.5	<u>Asignación de forraje</u>	53
3.1.6	<u>Suplementación</u>	54
3.2	NIVEL 2: MONITOREO DE OCHO PREDIOS COMERCIALES	56
3.2.1	<u>Disponibilidad y altura de la pastura</u>	56
3.2.1.1	Efecto del tipo de forraje	56
3.2.1.2	Efecto de la estación de crecimiento	57
3.2.1.3	Efecto del tratamiento	59
3.2.1.4	Efecto del tipo de forraje por tratamiento	59
3.2.1.5	Efecto del tratamiento por estación	59
3.2.2	<u>Tasa de crecimiento y producción de forraje</u>	59
3.2.2.1	Efecto de los tratamientos	59
3.2.2.2	Efecto del tipo de forraje por tratamiento	60
3.2.2.3	Efecto del tratamiento por estación	61
3.2.3	<u>Estimación de la disponibilidad de forraje: Relación altura y disponibilidad</u>	63
3.2.4	<u>Forraje desaparecido</u>	64
4	<u>CONCLUSIONES</u>	66
5	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	67

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue describir, en un primer nivel, las secuencias y rotaciones forrajeras implementadas (años 2003-2005) en 27 predios lecheros comerciales y su efecto sobre la producción de forraje en la fase pastura de la rotación durante el otoño-invierno (O-I). Los esquemas de rotación con menor proporción del tiempo bajo pastura, tuvieron entre 67 y 70% de superficie en rotación para sembrar en O-I. El segundo nivel de estudio fue determinar el efecto de controlar la intensidad de defoliación (ID) sobre la producción y utilización de forraje en ocho predios, con un diseño de bloques completos al azar. Por predio se seleccionaron dos tipos de pasturas y dentro de cada pastura seleccionada se asignaron dos tratamientos de ID: **T0** (rutina del predio) y **T1** (altura de entrada 15-20 y salida 5-7 cm). Se determinó la altura disponible (cm), disponibilidad de forraje (kg/ha MS) y tasa de crecimiento TC (kg/ha MS/d). Independiente del tratamiento realizado, la altura fue menor ($p < 0,05$) en otoño (O) e invierno (I) ($15,5 \pm 1,2$ y $16,9 \pm 1$ cm) que en primavera (P) y verano (V) ($19,8 \pm 1,0$ y $21,1 \pm 1,2$ cm). El mismo patrón ($p < 0,05$) siguió la disponibilidad de forraje (O: 1250 ± 164 ; I: 1476 ± 145 kg; P: 1914 ± 140 ; V: 2564 ± 167 kg/ha MS). La TC en **T1** fue un 26,5% mayor que **T0** ($p < 0,05$), siendo mayor en todas las estaciones del año (O: $19,3 \pm 4,3$ vs $7,0 \pm 3,9$; I: $21,3 \pm 3,4$ vs $17,0 \pm 3,0$; P: $39,6 \pm 9,0$ vs $33,4 \pm 2,5$ y V: $43,5 \pm 4,2$ vs $39,7 \pm 4,0$; $p < 0,05$, respectivamente). El efecto de **T1** sobre la producción de forraje anual fue de 2336 kg/ha MS extra y el O explicó el 52% de la diferencia total de forraje anual. La asignación de forraje (AF), horas de acceso al pastoreo, la disponibilidad y altura del forraje explicaron una alta proporción ($R^2 = 0,75$) del forraje desaparecido por ha (ofrecido - rechazado). El control del pastoreo incrementó la producción y la eficiencia de utilización de forraje.

Palabras claves: *manejo del pastoreo, altura remanente, producción de forraje.*

SUMMARY

Effect of the rotational forage schedule and control of the intensity of defoliation on seasonal and total forage production in dairy systems

The aim of this study was to describe, at first, the sequence and rotation (yrs. 2003-2005) in 27 commercial dairy farms and its effect on forage production during the pasture phase in autumn-winter (A-W). Shorter rotation schemes under pasture had between 67 and 70% of rotating surface to seed in A-W. Secondly, it was to determine the effect of controlling the intensity of defoliation (ID) on forage production and herbage intake in eight farms, in a total randomized block's design. Two blocks in each farm were selected to compare, within the selected pastures, the farm's routine (T0) vs a controlled management (T1, pre-grazing height of 15-20cm; post-grazing height of 5-7cm). Pre grazing forage height (cm), herbage mass (HM, kg DM / ha) and daily growth rate (GR, kg DM/ha.d⁻¹) were determined. In average, the height was lower ($p < 0.05$) in autumn (A) and winter (W) (15.5 ± 1.2 and 16.9 ± 1 cm) than in spring (Sp) and summer (Su) (19.8 ± 1.0 and 21.1 ± 1.2 cm). The same trend ($p < 0.05$) followed the HM (A: 1250 ± 164 ; W: 1476 ± 145 kg; Sp: 1914 ± 140 ; Su: 2564 ± 167 kg DM / ha). The average GR in T1 was 26.5% higher than T0 ($p < 0.05$), being higher for all seasons (A: 19.3 ± 4.3 vs 7.0 ± 3.9 ; W: 21.3 ± 3.4 vs 17.0 ± 3.0 ; Sp: 39.6 ± 9.0 vs 33.4 ± 2.5 Su: 43.5 ± 4.2 vs 39.7 ± 4.0 ; $p < 0.05$, respectively). In average, T1 yielded 2336 kg DM/ha extra than T0, 52% of that was in A ($p < 0.05$). The HA, HM, grazing time and height explained most of the variation ($R^2=0.75$) of disappeared forage per hectare (offered - rejected). The controlled grazing management increased production and utilization efficiency of forage.

Keywords: *grazing management, post-grazing height, forage yield*

1 INTRODUCCIÓN

La trayectoria del cambio técnico e intensificación de los sistemas de producción de leche en Uruguay ha tenido una evolución creciente y sostenida en el tiempo, duplicando en la última década la productividad por hectárea (DIEA, 2014). Dicha intensificación, tanto en Uruguay como en la región (Argentina y sur de Brasil), se desarrolla en sistemas que realizan pastoreo directo donde la pastura es el recurso básico de la alimentación, con diferentes niveles de suplementación y reservas forrajeras.

La pastura, constituye en estos sistemas, un componente clave si se tiene en cuenta que es el alimento de menor costo por unidad de materia seca (MS) o energía metabolizable (EM) (Dillon *et al.*, 2005; Chilibroste *et al.*, 2010) pero el resultado final físico y económico, depende de la estrategia de alimentación implementada y sus efectos sobre el consumo total de materia seca, el consumo de forraje y su eficiencia de utilización.

El análisis de estos sistemas indica que aproximadamente el 50% del ingreso de capital está explicado por el pastoreo directo, usando el suplemento como estrategia de manejo del sistema para permitir cosechar y utilizar más pasto, por lo cual la competitividad de la producción lechera en la región seguirá basada en tener una estructura de pastoreo directo importante (Chilibroste, 2014). Aún así, el sistema está fuertemente condicionado por la habilidad de producir y capturar la biomasa (cosecha de forraje anual y estacional) para cubrir los requerimientos del animal en el tiempo y en el espacio (Mayne *et al.*, 2000; Dillon *et al.*, 2005; Wales *et al.*, 2005; Rossi y García, 2006).

Maximizar y estabilizar la producción de forraje en los predios lecheros en Uruguay, queda determinado por la rotación forrajera implementada, la que es definida por una sucesión en el tiempo de cultivos anuales y pasturas plurianuales ya sea para pastoreo directo y/o para hacer reservas. El logro

de una producción sustentables implica cumplir con objetivos económicos y ambientales al mismo tiempo (Durán y La Manna, 2009). Sin embargo la duración de los ciclos de las rotaciones forrajeras, y el cumplimiento del plan establecido en dicha rotación, es uno de los principales factores que afectan el potencial productivo de forraje en los predios lecheros. La información nacional indica que el acortamiento de las rotaciones forrajeras, donde se incluye un mayor porcentaje de especies forrajeras anuales o bianuales invernales vs forrajeras perennes determina que, durante el otoño-invierno ocurra una importante disminución de superficie con forraje disponible para pastoreo (Formoso, 2005). Esto ocasiona que en las áreas que están produciendo forraje, se aumente la intensidad y frecuencia de pastoreo, reduciendo el índice de área foliar (IAF) remanente, las reservas para un rápido rebrote, y en consecuencia, la reducción de la tasa de crecimiento promedio y el rendimiento anual de MS (Parga, 2006).

Adicionalmente el incremento en la frecuencia de pastoreo, principalmente en épocas donde las tasas de crecimiento son lentas, compromete la persistencia en el tiempo de las praderas deprimiendo la tasa de rebrote y sobrevivencia de plantas (Zanoniani, 2010; Formoso, 2009).

Por lo tanto el diseño y eficiencia en la implementación de una rotación forrajera, que por un lado estabilice el aporte en cantidad y calidad de MS/ha, y por otro, mantenga un área disponible para pastoreo que permita aumentar la carga (vaca masa-VM y VO por unidad de superficie) sin afectar la producción y persistencia de la pastura, es un desafío continuo en los sistemas lecheros (Durán *et al.*, 2010; Formoso, 2009). Estos aspectos se analiza en la primera parte del trabajo describiendo el uso de suelo en los sistemas lecheros que resulta de las secuencias y rotaciones implementadas y sus consecuencias sobre la producción otoño - invernal.

Por otro lado la baja utilización del forraje producido ha sido indicada como una de las principales limitantes a superar y está condicionada

fundamentalmente en la optimización de dos aspectos básicos del sistema, por un lado el aumento en la producción de forraje y por otro el eficiente consumo del mismo (Zanoniani, 2010).

La información nacional reportada en 27 predios comerciales de CONAPROLE (Chilibroste *et al.*, 2003) indicó que en el área de VM de los sistemas con mejores indicadores técnicos, la cantidad de forraje cosechado no superó los 3000-3200 Kg/ha MS. La condición de las pasturas en el área destinada a las VO (disponibilidad de forraje y altura) durante el período otoño-invierno fue restrictiva para una eficiente cosecha por parte de los animales indicando que los valores de utilización del forraje (45-50%) estuvieron determinados por la estructura de la pastura. Adicionalmente los valores de forraje remanente (masa y altura) condicionaron la tasa de rebrote de la pastura deprimiendo la producción total de forraje. Esto puso en evidencia una serie de limitantes en la pastura, que impiden mejorar los niveles de cosecha de forraje en sistemas donde la pastura es la fuente principal de alimentación.

En estas condiciones y a nivel predial, la información es consistente en que las medidas de manejo que se apliquen en la pastura constituyen una de las herramientas relevantes para incrementar la producción y persistencia de forraje, controlar la disponibilidad y calidad ofrecido a los animales, determinando así su nivel de consumo y oportuna utilización maximizando su conversión a producto animal (Pérez-Prieto y Delagarde, 2012; Parga *et al.*, 2000; Rook, 2000).

En la segunda parte de este trabajo se analiza el efecto del manejo del pastoreo (control de la intensidad de defoliación, disponibilidad y altura de forraje a la entrada y salida del pastoreo) sobre la producción de pasturas y su eficiencia de utilización.

El objetivo general de este trabajo fue describir, en un primer nivel de análisis, las rotaciones forrajeras en el área VM implementadas en sistemas lecheros comerciales y su efecto sobre la producción de forraje (kg/ha MS) durante el período otoño-invernal. En un segundo nivel de análisis fue determinar el efecto del control de la intensidad de defoliación sobre la producción estacional y total de forraje.

Los objetivos específicos del primer nivel de análisis referido, fueron:

- 1- Determinar el uso temporal del suelo que resulta de la rotación forrajera implementada en los predios lecheros.
- 2- Determinar las consecuencias de la rotación forrajera implementada sobre el área efectiva de pastoreo y la producción de forraje otoño invernal.

En el segundo nivel, los objetivos específicos, fueron:

- 1- Determinar el efecto del control de la intensidad de defoliación (altura y biomasa de entrada y salida del pastoreo) sobre la tasa de crecimiento de la pastura y la producción de forraje estacional y total.
- 2- Determinar el efecto de la asignación de forraje y los atributos de la pastura (altura y biomasa disponible previos al pastoreo) sobre el forraje desaparecido durante el pastoreo.

1.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1.1 Uso de suelo en sistemas de producción lechera

La producción lechera es el rubro ganadero de mayor intensidad en el uso de suelo donde aproximadamente un 57% del área total de la superficie lechera es área mejorada que incluye una alta proporción de praderas sembradas y cultivos forrajeros anuales.

A pesar de la disminución creciente del área total de superficie dedicada a la lechería comercial estos últimos 10 años de un 9%, se evidencia una clara intensificación de los planteos forrajeros (especies más productivas y mayor uso de fertilizantes NPK) sin modificar sustancialmente el porcentaje del total de superficie de pasturas mejoradas (praderas pluri anuales (PP), campo natural mejorado (CNm), campo fertilizado), ni de forrajeras anuales (FA), que se mantuvo para el mismo período. A su vez dentro del área en rotación hubo una evolución creciente en el porcentaje de superficie sembrada a favor de las FA (10% a 18%) con respecto a PP (37% a 32%) e indicando una relación FA/PP que pasa de 27% a 56% en un fuerte proceso de anualización de la estructura forrajera (DIEA, 2014).

A nivel predial la información que surge del área de pasturas de grupos CREA lecheros-FUCREA 2013 (Gutiérrez *et al.*, 2014) es que si bien se ha mantenido el porcentaje de área de los componentes de la pastura PP y verdeos de invierno y verano (Vi y VV), los predios que se ubican en el percentil de margen superior, hacen un uso más intensivo del suelo (mayor superficie mejorada con PP y FA) alcanzando niveles 20% superior al promedio (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje de área de los componentes pasturas PP y FA (Vi y VV) en la fase de rotación de predios comerciales Grupos CREA lecheros.

Área de pasturas en Grupos Crea lecheros (%)			
Fase de la rotación	Año/ejercicio		
	2011-12	2012-13	2012-13 (25% sup)
PP	46	54	60
Vi	26	22	32
PP+Vi	72	76	92
VV	22	18	15
Cultivos	10	14	12

PP: praderas plurianuales, **Vi:** verdes de invierno, **VV:** verdes de verano. Fuente: Grupos CREA lecheros Gutiérrez *et al.* (2014)

Si bien la intensificación forrajera pasa por un incremento de insumos principalmente de fertilizantes (NPK) y uso de especies forrajeras más productivas, las mismas se caracterizan por una menor persistencia en el tiempo (ciclos bianuales vs perennes) asociada a más de un año de cultivos anuales que obliga una reposición más frecuente de la estructura forrajera y por lo tanto expone en el tiempo, un mayor porcentaje de áreas improductivas (más de 40% de área en barbecho o recién sembradas) e incrementos en los costos por ha de forraje producido (Chilibroste *et al.*, 2003; Formoso, 2009; Durán *et al.*, 2010).

Por lo tanto por un lado el tipo de rotación forrajera implementada en el predio y el cumplimiento del plan establecido en dicha rotación, es lo que define estructuralmente el potencial de producción de forraje en el tiempo, la producción de biomasa y el riesgo de exposición a procesos erosivos por períodos prolongados improductivos, viabilizando la forma de maximizar la utilización de forraje para cubrir las demandas diferenciales de los animales en el tiempo y en el espacio (Durán *et al.*, 2010; Formoso, 2009).

1.1.1.1 Fase pastura en la rotación y producción de forraje otoño invernal

En cada mes del año la disponibilidad de forraje para los animales en pastoreo, depende tanto de la biomasa de forraje (kg/ha MS), como del área donde en ese mes es posible ingresar a pastorear (Durán, 2008).

La biomasa de forraje depende de la TC estacional de la pastura, determinada fundamentalmente por atributos de la especie, manejo previo, fertilidad y condiciones agroclimáticas favorables. Dado un nivel de crecimiento, si el área de pastoreo en el período de mayor demanda es reducida, se acelera el ciclo de pastoreo sobre las pasturas más productivas (sobrepastoreo), afectando el nivel de CMS de los animales y la supervivencia futura de la misma (Duran, 2008; Formoso, 2009).

Las producciones estacionales y las curvas de crecimiento de las principales forrajeras, gramíneas y leguminosas, elaboradas para una serie de años en INIA-La Estanzuela (Ayala *et al.*, 2010) constituyen una herramienta para definir en función de dichos atributos la selección de las especies más adecuadas, que si bien no son discutidas aquí, son la base para definir opciones forrajeras que entreguen MS durante el período crítico de otoño. La información indica que la alternativa de introducir especies perennes, es un opción en la cual la tonelada de MS digestible tiene un costo sustancialmente menor que las opciones anuales y por otro lado permiten ser pastoreadas durante el otoño (marzo, abril o mayo) a diferencia de las opciones anuales altamente dependientes de la fecha de siembra (Zanoniani, 2010).

La inclusión de gramíneas perennes en la mezclas forrajeras con ciclos más largos de producción de forraje en la fase pastura, ha sido estudiada tanto en la Unidad de lechería INIA-La Estanzuela como en Facultad de Agronomía EEMAC Paysandú mejorando los resultados en la estabilidad de la producción de forraje otoño-invernal y producción de leche por vaca y por

ha (Formoso, 2009; Zanoniani, 2010, Mattiauda *et al.*, 2009). El impacto de la inclusión de una mezcla de especies perennes de similar ciclo o complementario en la producción otoño invernal del segundo año con respecto a una mezcla bianual fue reportada por Zanoniani y Boggiano (2006) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Inclusión de una mezcla de especies perennes vs una mezcla bianual en la producción de forraje otoño invernal del segundo año.

Alternativa	Producción otoño invernal Kg/ha MS
Mezcla (<i>Lolium perenne</i> , <i>T.repens</i> , <i>L.corniculatus</i>)	6085 a
<i>Lolium perenne</i>	4665 a
Mezcla Bianual (<i>Lolium multiflorum</i> , <i>T.pratense</i> , <i>L.corniculatus</i>)	2751 b

Fuente: Zanoniani y Boggiano, 2006

Este tipo de mezclas no sólo disminuyó el período sin cobertura del suelo durante el verano, sino que permitió incrementar la producción primaria en más de un 100% con fuerte incremento en el periodo otoño-invernal.

El uso de sistemas de producción donde se incorporan rotaciones forrajeras complementarias es una opción para maximizar la producción de forraje por unidad de superficie en forma sustentable y alcanzar una mayor producción y utilización de las pasturas (García y Fariña, 2010), aunque aumenta el grado de complejidad del sistema y es necesario estabilizar y complementar las rotaciones ya instaladas (Durán y La Manna, 2009).

1.1.1.2 Efecto de la fecha de siembra

La fecha de siembra de las pasturas y verdeos de invierno aparece como condicionante para lograr incrementar sustancialmente la producción de forraje otoño-invernal y determina a su vez el tiempo que deberá transcurrir para poder ingresar esas áreas al circuito de pastoreo (Durán *et al.*, 2010).

La información relevada de los grupos CREA lecheros y citada por Formoso (2009) indican que para los verdeos de invierno, las siembras de mayo comparativamente a las de marzo deprimieron la producción de forraje en invierno en 56% para avena (*Avena bizantina*), 43% para Raigrás (*Lolium multiflorum*) Estanzuela 284, 59% en INIA Titán y 30% en trébol Alejandrino (*Trifolium alexandrinum*) INIA Calipso. A su vez para disponer de forraje en abril, se requirieron siembras tempranas en febrero la cual produjo la mayor cantidad de forraje en los segundos 45 días de otoño conjuntamente con las siembras de los primeros días de marzo. Zanoniani (2010) estimó la pérdida de forraje otoño-invierno entre un 30-45% de la producción anual de pasturas sembradas en fechas intermedias (abril) y tardías (mayo en adelante) con respecto a los predios comerciales que lograron sembrar temprano en el otoño (marzo). Anticipar las fechas de siembra permitió disponer de una mayor oferta de forraje antes del invierno.

1.1.1.3 Efecto de la duración de la rotación forrajera y superficie efectiva de pastoreo

Si bien en los sistemas de producción de leche la producción de forraje se ha basado en el mismo concepto sustentable de diseñar una sucesión de pasturas de buen potencial productivo (con inclusión de gramíneas perennes sembradas con leguminosas) y cultivos forrajeros anuales (Díaz Rossello y Durán, 2011), la misma no ha sido íntegramente adoptada a nivel predial

para alcanzar la estabilidad productiva, y el acortamiento en los ciclos de rotaciones forrajeras aparece como un problema estructural sin resolver reduciendo el área disponible para pastoreo en el otoño de vacas en ordeño. El área de pastoreo disponible es aquella área posible de pastorear descontando áreas no productivas por estar en barbecho o recién sembradas y que denominamos superficie efectiva de pastoreo (SEP).

La duración de la rotación forrajera es entonces una de las variables de mayor impacto en determinar la producción de forraje en otoño- invierno y la SEP. La información desarrollada por la Unidad de lechería de INIA-La Estanzuela (Duran, 2010) así como los trabajos en el área del Programa Nacional de Pasturas y Forrajes (Formoso, 2009) coinciden en afirmar que la duración de la rotación forrajera depende en primera instancia de las especies seleccionadas, del manejo del pastoreo y del nivel de engramillamiento de la chacra que obliga a tomar decisiones en el corto plazo.

En la misma línea se ha logrado definir las rotaciones utilizadas con mayor frecuencia en predios lecheros, con duraciones de tres años (dos a dos y medio año de pradera en base a leguminosas bianuales o de rotación corta como trébol rojo (*Trifolium pratense*), compuestas como Achicoria (*Cychorium intybus*) y/o gramíneas bianuales de rotación corta cebadilla (*Bromus catarticus*), más un tercer año con verdeos) y rotaciones más largas en las cuales las praderas duran entre tres y cuatro años donde se incluye trébol rojo y leguminosas perennes como trébol blanco (*Trifolium repens*) y/o lotus (*Lotus corniculatus*) y/o alfalfa (*Medicago sativa*) más raigrás o menos frecuente una gramínea perenne *Dactylis* (*Dactylis glomerata*) o *Festuca* (*Festuca Arundinacea*) y un cuarto o quinto año con verdeos (Formoso, 2005).

A nivel de predios comerciales de Conaprole en el proyecto Alimentación-Reproducción 2002-2003, se reportó durante el otoño, entre un

30-70% del área en proceso de renovación de pasturas, tanto de pradera como de verdeo donde se observó una reducción considerable del SEP, indicando un esquema forrajero de rotaciones cortas de dos y medio a tres años de duración (Zanoniani, 2003). En el mismo estudio se evidenció la participación creciente en número de los verdeos de invierno a partir de abril y hasta julio, desapareciendo luego de la dieta de las vacas. A su vez, recién en julio, la proporción de verdeos en la pasturas muestreadas, aumentó en forma significativa (□ 30%). Una tendencia similar mostró la participación de los verdeos sembrados con praderas, donde a partir de julio comienzan a constituir la principal fuente de forraje para los animales (Chilibroste, 2003).

Formoso (2009) mediante un esquema teórico, representó en función del largo de la sucesión cultivos pasturas más utilizadas en lechería, la superficie potencial en porcentaje de SEP para cada estación del año. Se consideró una fase pastura y un Vi (Avena y/o Raigrás) (Cuadro 3)

Cuadro 3. Superficie efectiva promedio anual y estacional de pastoreo según el largo de rotación implementada.

Promedio de superficie efectiva de pastoreo (%)						
		Estación				
Años	Rotación	O	I	P	V	Media anual
3	P1+P2/Vi	44	77	88	33	60
4	P1+P2+P3/Vi	58	83	91	50	70
5	P1+P2+P3+P4/Vi	67	87	93	60	77

P1, P2, P3, P4: Pradera de uno, dos, tres y cuatro años

A medida que el largo de rotación aumentó de 3 a 4 y 5 años el porcentaje de SEP se incrementó pasando la media anual de 60% a 70% y 77% respectivamente. La estación más crítica con menor SEP fue el otoño donde con una rotación corta (3 años) la SEP se redujo en un 20% con respecto a la rotación larga (5 años).

Cuanto más corta es la rotación aplicada, mayores son los requerimientos de reservas que se deben aportar al sistema. A su vez aunque la rotación seleccionada fuera larga si la misma no es equilibrada con buena estructura de praderas en producción (P2 y P+), la disminución de la SEP en el otoño, sólo puede ser compensada parcialmente por pastoreo directo lo que requerirá de suplementación para cubrir los requerimientos de los animales (Formoso, 2008).

Esta situación se agrava a medida que se retrasa la fecha de siembra de los cultivos anuales o praderas nuevas. Este factor considerando la oferta global de forraje de la rotación es la de mayor impacto en la determinación del costo de la tonelada de materia seca utilizable y el producto animal obtenido por ha-año (Zanoniani, 2010; Formoso, 2009). A su vez las mezclas utilizadas en la mayoría de las pasturas de los predios lecheros dejan gran parte del año el suelo descubierto al ser conformadas por especies anuales y bianuales invernales (*Lolium multiflorum* y *T.Pratense*), determinando que por lo menos un 50% del área del suelo se encuentre descubierto en el período que va desde octubre a mayo (Zanoniani, 2010).

Astigarraga (2004) analizó de la evolución del SEP durante dos años consecutivos 2002 y 2003 en seis predios comerciales de grupos Crea pertenecientes al proyecto CIPIL (Comisión Inter Crea Producción intensiva de leche) y reportó que en promedio la SEP entre los meses de abril a mayo, en cuatro de los predios, alcanzó el 63% del área en rotación. Las características de las rotaciones definidas asociados a siembras tardías en los predios analizados, determinó una alta proporción de área de forraje a sembrar en otoño, que no estuvo disponible para el pastoreo. La restricción de área de pastoreo en el otoño incrementó la carga a casi 2 vacas/ha efectiva en otoño con consecuencias sobre el manejo de la pastura afectando la productividad forrajera. Aquellos predios que alcanzaron mayores porcentajes de SEP (más del 65%) tuvieron una oferta temprana de verdeos de invierno y parte del área de pasturas de primer año asociadas a

verdeos lo que permitió alcanzar un 74% del área disponible para pastoreo. El incremento del SEP en todos los casos se incrementó a partir del mes de julio, evidenciando el problema de definir estrategias que compatibilicen los requerimientos de sistemas con altas cargas y un manejo de la pastura que permita alcanzar mayor productividad de forraje.

Información actualizada reportada por Chilbroste y Battezzore (2014) durante tres años consecutivos 2011-2013 en 322 matrículas analizadas en el PPC-Conaprole, indicó que en promedio y para todo el período la carga de las VO en la SEP estuvo en el orden de 1,79 VO/ha efectiva de pastoreo prácticamente duplicando los valores de carga vaca masa por ha vaca masa (1,1 masa VM/ha/VM). Adicionalmente el porcentaje de SEP alcanzó el 62% del área total en rotación indicando problemas en la implementación de la rotación forrajera.

Uno de los factores que condiciona la fecha de siembra es el clima, y por lo tanto en muchos casos, la toma de decisiones de los productores en ese momento clave, determina el rediseño sobre la marcha de la rotación forrajera. Principalmente al final de la estación de verano e inicio del otoño es probable que ocurran eventos extremos tanto de sequías o excesos de agua que afecta tanto la producción de forraje en el otoño-invierno de las praderas en producción (afectadas por la situación de las mismas a la salida del verano) así como también la instalación de los verdeos que se inician en la fase anual o la instalación de praderas en la rotación.

Tanto los factores climáticos como las decisiones de los productores de mantener en el tiempo el pastoreo de los sorgos como aporte de forraje temprano en el otoño, generan inconvenientes en el plan de ejecución de la rotación. Esto impide lograr en un rango óptimo la fecha de siembra de la fase anual o de pastura que se inicia en otoño, ya que a su vez la misma está condicionada por el inicio de la preparación del suelo. La toma de decisión del momento de inicio de la preparación del suelo, define el tiempo

de barbecho para lograr una buena cama de siembra y aparece como una limitante para una correcta implantación y crecimiento inicial de verdeos o praderas y en consecuencia condicionar el período siembra primer pastoreo (Zanoniani, 2006; Formoso, 2008).

En la misma línea de trabajo el análisis de la productividad forrajera de predios de grupos CREA lecheros (Astigarraga, 2004) indicó que una parte importante de la variación de la productividad de la base forrajera está asociada a la producción de forraje en invierno ($R^2=0,66$), y que esta depende principalmente del manejo previo realizado a las pasturas más productivas (frecuencia de pastoreo) en las áreas efectivas de pastoreo de invierno. Esto puso en evidencia el problema de la fecha de siembra de los verdeos puros y de las pasturas asociadas, determinando que entre abril y julio la base de pastoreo esté constituida por las praderas consideradas productivas (2° y 3° año) provocando situaciones de sobrepastoreo condicionando las TC y la persistencia de las mismas.

Los trabajos de INIA la Estanzuela en la Unidad de Lechería (Díaz Rossello y Durán, 2011) describen los cambios predominantes en el uso de suelo que a nivel experimental durante 40 años permitieron pasar de productividades menores a 3000 L/ha/año con un sistema de producción de forraje de secuencias no planificadas con laboreo convencional (LC) a productividades entre 6500 a 8500 L/ha/año basados en una rotación planificada para implantar praderas y cultivos forrajeros con siembra directa (SD). En forma complementaria mantuvieron un esquema de alto y muy alto manejo de suplementos producidos intra y extra prediales (40 a 60% de la dieta anual por vaca) lo que permitió un alto control del manejo del pastoreo y por consiguiente se optimizó el manejo de la pastura y altos rendimientos de leche (9500 a 11500 L/ha/año).

A nivel de predios comerciales la producción media de leche registrada para el ejercicio 2012/13 en la superficie lechera, es bastante menor,

reportando niveles de productividad en el orden de 3473 L/ha (DIEA, 2014), con una alta variabilidad entre sistemas que depende esencialmente de que tan efectivamente es producido y cosechado el forraje y combinado con los suplementos a los efectos de maximizar la performance individual.

La información que surge de PPC-Proyecto Conaprole (Chilibroste y Battegazzore, 2014) indica que incrementar la producción de 4000 a 8000 L/ha o de 300 a 580 kg de sólidos por ha generó un MA (Margen de Alimentación) incremental de 3U\$S/ha mientras que el costo incremental fue de 1,4 U\$S/ha. Las distintas estrategias de combinación de carga y producción individual indicaron que no hay una combinación única para lograr buenos MA, pero sí muchas de ellas no son viables para competir y crecer. Los sistemas con mejores resultados MA por VM y por ha VM lograron diferenciarse en el consumo de forraje por ha resultado de una mejor producción y utilización complementado con valores suplementarios de concentrados (2kg extra de MS/VO) lo que permitió implementar estrategias productivas que integraron más carga y mayor producción individual. Los incrementos de productividad se sostuvieron con una estrategia de alimentación similar a los niveles de productividad intermedio (75:25 forraje, concentrado respectivamente), pero los de mayor productividad lograron cosechar más pasto.

Esto jerarquiza la importancia de entender y cuantificar la producción y utilización de la pastura y verificar la posibilidad de incrementar la producción y cosecha de forraje para incrementar productividad en los sistemas pastoriles de producción de forma competitiva y sostenible (Chilibroste, *et al.*, 2015).

1.1.2 Control del proceso de pastoreo

El manejo del pastoreo es uno de los factores relevantes en la gestión técnico-económica de las explotaciones lecheras y tiene el potencial de mejorar la eficiencia de los sistemas pastoriles. Por una parte afecta la producción y persistencia de la pastura y por otra controla la disponibilidad y calidad del pasto ofrecido a los animales determinando así su nivel de consumo y eficiencia de utilización (Parga, 2006; Dillon *et al.*, 2009).

Aun así, existen limitantes para mejorar la producción de forraje y su utilización si no se comprende la forma en que se cosecha el forraje y en particular el manejo del área foliar -principal componente de cosecha y tejido esencial para fotosíntesis- ya que la misma tiene un efecto directo en la tasa de crecimiento y por ende en la producción total de MS (Parsons y Chapman 2000; Parsons, 1988). El control de variables sencillas de medir a nivel de predios lecheros (como biomasa y altura de forraje pre y post pastoreo) y conocer las dinámicas de crecimiento de las pasturas en las diferentes estaciones permite manejar la oferta de forraje e intensidad de defoliación, determinantes del CMS (Parga, 2006).

La interpretación funcional de las distintas estrategias de las plantas para sobrevivir al pastoreo y los procesos que modifican la cantidad y calidad de forraje (Parsons y Penning, 1988; Richards, 1993; Briske, 1996) si bien no se describen en detalle aquí, son consideradas para entender la respuestas de las plantas a la intensidad y frecuencia del pastoreo y su efecto en la utilización y respuesta animal.

Esto obliga considerar dos características centrales en el manejo del pastoreo y que afectan la producción: la velocidad de *turnover* de tejido cosechable (sincronizando producción y cosecha, evitando pérdidas por envejecimiento y muerte de hojas que no son cosechadas) y por otro lado

considerar el máximo de defoliaciones necesarias que permita un IAF suficiente para una adecuada interceptación de luz en el *canopy* y formación de nuevas hojas (Parsons, 1988). De esta manera el principal parámetro que gobierna la producción de forraje, tanto en sistemas de pastoreo continuo como rotativo, es el IAF óptimo promedio al que es mantenida la pastura (Parsons *et al.*, 1991).

En general cuanto mayor es el IAF desde el cual comienza el rebrote luego de un pastoreo, el intervalo de tiempo para alcanzar el punto de cosecha siguiente, es menor. Cuando el IAF inicial incrementa (menor intensidad de defoliación), la máxima tasa de crecimiento promedio incrementará inicialmente, y luego decrecerá, reflejando la pérdida potencial de producción debido al efecto de sombreado provocado por el alto IAF sobre la capacidad fotosintética de las nuevas hojas (Parsons y Chapman, 2000).

Chapman y Lemaire (1993) indican que el crecimiento de las pasturas se da como consecuencia de un flujo de componentes en la tasa de aparición, crecimiento y senescencia de hojas, y que las sucesivas defoliaciones por el animal determinan a su vez patrones de ramificación y masa específica de órganos que afectan las TC.

1.1.2.1 Control de la Intensidad de defoliación y tasa de crecimiento de la pastura

La Intensidad de defoliación de las hojas, puede ser expresada como la proporción de la hoja removida, en relación a la longitud inicial, al final de una sesión de pastoreo (Wade y Carvalho, 2000).

En dicho proceso hay una reducción de área foliar instantánea que no sólo altera el crecimiento posterior de hojas y raíces, sino también se

modifica el microambiente referente a la intensidad de luz que llega a estratos inferiores, temperatura y humedad del suelo (Watkin y Clements, 1978). De esta manera la planta prioriza maximizar la velocidad de rebrote utilizando eficientemente la energía remanente luego de la defoliación, a los efectos de reestablecer rápidamente un balance positivo de fijación de energía y por lo tanto el crecimiento (Briske, 1996).

La acumulación neta de materia seca durante el período de rebrote sigue un patrón de crecimiento y de muerte de hojas diferente en función de la intensidad de defoliación, pero está afectado por la estación de crecimiento del año, las diferentes especies que compone la mezcla de una pradera y condiciones que se generan (luz, temperatura, humedad). Por lo tanto el conocimiento de los efectos de la defoliación se vuelve sumamente importante para alcanzar los potenciales de crecimiento adecuados para cada estación (Chapman y Lemaire, 1993).

Brougham (1960) demostró que la producción de forraje puede estar influida por la severidad de la defoliación, siendo más importante el efecto en determinadas estaciones del año. Defoliaciones intensas durante otoño-invierno cuando las tasas de crecimiento son más lentas, deben estar asociadas a períodos de rebrote medios a largo, mientras que defoliaciones menos intensas requieren una menor duración del período de rebrote (Zanoniani, 2010).

La dinámica de cosecha y el manejo del área foliar remanente para las diferentes especies de la pastura, en las diferentes estaciones del año, determina la TC y por lo tanto la producción de MS total posible de ser cosechada por los animales (Parsons y Chapman, 2000).

Por lo tanto optimizar la utilización de las pasturas implica lograr un balance entre el nivel de área foliar cosechada para alcanzar el objetivo

productivo y el nivel de área foliar remanente de la pastura durante la secuencia de defoliación, que permita un rebrote suficiente para promover la fotosíntesis y por lo tanto la TC de la pastura. (Parsons y Penning, 1988; Lemaire y Agnusdei, 2000; Parsons y Chapman 2000).

La variación estacional y anual de la TC diario expresada en kg/ha MS/d de las pasturas, determina que en invierno se den los valores mínimos de crecimiento y producción de forraje y en la primavera se supere ampliamente dicho valor, explicando la mayor proporción de la producción anual de forraje. Esto provoca situaciones de déficit y excesos de forraje en el año que definen la capacidad de carga animal posible de sostener en el sistema (Parsons, 1988).

El conocimiento de los efectos de la defoliación es un aspecto de relevancia para alcanzar los potenciales de crecimiento donde los factores de intensidad y frecuencia de la defoliación que provocan los animales sobre la pastura debería sincronizarse con la máxima acumulación de biomasa verde y el mínimo rastrojo compatible con la máxima TC instantáneo (Parsons, 1988).

El momento o frecuencia de utilización de la pastura (intervalo de rebrote) y el control de la intensidad de defoliación (proporción de la longitud de hoja removida luego del pastoreo) son en el corto plazo los dos aspectos más importantes de manejo. A su vez la intensidad de defoliación depende directamente de la carga animal y en función de éstos, la AF (kg MS/vaca/d) es otro parámetro de manejo que permite controlar anticipadamente el nivel de residuo de pradera y por lo tanto su capacidad de reiniciar el crecimiento afectando la TC de la pastura (Parga 2006, Chapman y Lemaire, 1993).

1.1.2.2 Efecto de la carga animal

La carga animal regula el porcentaje de utilización en forma instantánea y la altura de remanente post pastoreo, determinando cambios en la tasa de crecimiento y sus efectos sobre la producción estacional y/o total de forraje y persistencia del recurso forrajero (Zanoniani y Boggiano, 2006).

La carga animal debería balancear el doble objetivo de disponer suficiente forraje para alcanzar altos niveles de eficiencia en la producción de leche por vaca manteniendo altos niveles de utilización de la pastura sin afectar la producción de forraje (Delagarde y O'Donovan, 2005).

A medida que la carga animal se incrementa, aumenta la presión de pastoreo (número de animales por unidad de masa de forraje disponible), la asignación de forraje es menor y el nivel de competición entre animales se incrementa. Esto reduce el consumo y desempeño por vaca pero la eficiencia de utilización (proporción de forraje removido en relación al disponible) se incrementa (Mayne *et al.*, 2000).

La producción de forraje bajo distintos niveles de carga animal ha sido demostrado en un estudio realizado por Macdonald *et al.* (2008) donde evaluaron cinco diferentes niveles de carga animal durante tres lactaciones sucesivas sobre la producción de forraje de una pastura de Raigrás Perenne, encontrando que el aumento de la carga (2.2, 2.7, 3.1, 3.7 y 4.3 vacas/ha) indicó una tendencia en el incremento de crecimiento de la pastura ($p=0,11$) mientras que la masa de forraje residual declinó linealmente reflejando un incremento en la tasa de utilización de la pastura consistente con el incremento lineal de pastura consumida por ha (Kg/ha MS.año⁻¹) y un descenso lineal del consumo por vaca (kg MS/vaca/año). El tiempo para volver al circuito de pastoreo también fue evaluado en las diferentes estaciones del año, encontrando una interacción ($P<0,001$) entre

carga animal y estación del año con el intervalo de pastoreo (número promedio de días entre sucesivos eventos de pastoreo), incrementando dicho intervalo linealmente con el incremento de carga para verano, otoño e invierno, pero no para la primavera.

El incremento en la carga animal aumenta el porcentaje de utilización en forma instantánea, esto trae como consecuencia menor altura de remanente y cambios en la tasa de crecimiento con consecuencias en la producción estacional y/o total de forraje Cullen *et al.*, citado por Mattiauda *et al.* (2009).

El control del efecto de la carga animal o presión de pastoreo también fue estudiada por Mattiauda *et al.* (2009) controlando la intensidad de pastoreo (IP) a través de la altura del forraje remanente en una pastura mezcla de Festuca (*Festuca arundinacea*), Trébol blanco (*Trifolium repens* cv. Zapicán) y Lotus (*Lotus corniculatus* cv. Ganador) con el objetivo de cuantificar la producción y utilización de pasturas y sus efectos en producción de leche, por animal y por unidad de superficie. Los tratamientos de IP fueron determinados por diferentes alturas de forraje post-pastoreo de mayor a menor IP (3, 6, 9, 12 cm) y modificando el área de pastoreo manteniendo en todos los tratamientos la altura de entrada en 17cm. Se encontró que el aumento en la IP provocó diferencias significativas ($p < 0,05$) en la altura y masa de forraje remanente a la salida del pastoreo.

En los tratamientos con mayor IP el porcentaje de utilización del forraje fue mayor y si bien la producción de forraje no fue afectada por los tratamientos hubo una tendencia de menor producción de forraje para los tratamientos de mayor IP. A su vez con mayor IP se incrementó la carga animal con una tendencia decreciente en la producción por vaca y un aumento significativo ($p < 0,05$) en la producción por unidad de superficie .

Ganche *et al.* (2014) estudiaron el efecto inmediato y mediato del remanente de forraje post pastoreo (severo y moderado) en dos períodos consecutivos sobre la producción, utilización y características estructurales de la pastura y concluyeron que a pesar de una relativa menor utilización del forraje obtenida en el pastoreo moderado con respecto al severo en ambos períodos la producción de materia seca se incrementó manteniendo la calidad de la pastura comparada con pastoreos severos.

A su vez Davies (1988) coincide en que a pesar de las diferencias entre especies y mezclas utilizada, los efectos de alta carga (baja asignación de forraje) sobre pasturas con una defoliación muy intensa o demasiado frecuente afectó el rebrote de las pasturas y en consecuencia la producción y acumulación de forraje, principalmente por una reducción en el la intercepción de la luz solar provocada por un menor número de hojas en el horizonte superior.

Si bien en el corto plazo el aumento de la IP mejora la utilización instantánea del forraje, en el largo plazo como consecuencia del sobrepastoreo la producción de forraje se ve afectada (Virkajärvi *et al.*, 2002).

1.1.2.3 Efecto en la asignación de forraje

En sistemas de pastoreo la AF juega un importante rol en determinar el consumo por animal y el desempeño productivo, así como también el residuo de forraje que queda luego del pastoreo y que afectan la tasa de crecimiento y producción de las pasturas (Chilibroste *et al.*, 2012).

Estudios realizados por Stakelum citado por Mayne *et al.* (2000) han reportado una relación cuadrática entre la AF y consumo en pastoreo indicando que sucesivos incrementos en la AF resultaron en incrementos en el consumo y performance individual hasta cierto nivel donde se hace

máximo y luego declina. A su vez a medida que aumenta la asignación de forraje el porcentaje de utilización de la pastura fue menor.

La relación entre consumo y AF ha sido estudiada por Delagarde y O'Donovan (2005) indicando que, el consumo de forraje aumenta en promedio 0,20, 0,15 y 0,11 kg MS/ Kg MS en un rango de 20 a 30, 30 a 40 y 40 a 50 kg MS/vaca/ día asignados a nivel de suelo respectivamente. La predicción del consumo fue similar entre asignaciones medias pero, las diferencias en la predicción del consumo fueron mayores a bajas (< a 30 kg MS/día) y altas (> 50kg MS/día).

Maher *et al.*, citado por Dillon *et al.* (2005) estudiaron la relación entre AF y remanente de la pastura luego del pastoreo en vacas en lactancia temprana y media y demostraron que AF de 15,9, 19,8 y 24 kg MS/vaca/d (>3,5 cm altura de corte), el remanente de pastura dejado por los animales fue de 4,5, 5,5 y 6,6 cm respectivamente con incrementos en la producción de leche 21,4, 22,9 y 23,7 L /vaca. Incrementos en la AF de 15,9 a 19,8 kg MS/vaca/d incrementó el consumo de MS a 0,33 kg/d, mientras que asignaciones mayores de 24 kg MS/vaca/d sólo incrementó el consumo 0,12 kg MS/d, concluyendo que incrementos de AF mayores a 20 kg MS/vaca/d indican una limitada oportunidad para incrementar el consumo de pasturas en vacas que producen entre 23-25 L/vaca/d.

La relación entre la cantidad de AF y desempeño animal también fue analizada por Chilbroste *et al.* (2012) en un estudio con vacas primíparas en lactancia temprana en una pastura polifítica (*Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*) con a AF de 7,5, 15 y 30 kg MS/vaca/d. Se encontraron respuesta a la producción de 0,58 L extra de leche por kg extra de forraje asignado cuando se comparó AF 15 vs 7,5 kg MS/vaca/d y de 0,22 L extra de leche cuando se compara AF 32 vs 7,5 kg MS/vaca/d pero no se encontraron respuestas entre medias y altas asignaciones (15 vs 30 Kg

MS/vaca/d) pero con cambios en la condición corporal que sugieren un efecto de la alta AF sobre el estatus metabólico en lactancia temprana.

La información nacional a nivel de predios lecheros reportó en otoño-invierno valores de AF que alcanzaron los 17 kg MS/vaca/d en promedio (a nivel del suelo), pero con altos coeficientes de variación (80-200%) indicando estrategias de pastoreo muy diferentes entre productores, llegando a detectar registros con AF por debajo de los 10 kg MS/vaca/d. Adicionalmente los valores de forraje remanente (masa y altura post pastoreo) condicionaron la tasa de crecimiento de la pastura deprimiendo en consecuencia la producción total de forraje. Se destacó en este trabajo la estrecha asociación entre AF y el forraje desaparecido (utilizado como indicador de nivel de consumo) especialmente para los valores de asignación por debajo de 20kg donde se concentró la mayor parte de la información (Chilibroste *et al.*, 2003).

El manejo y control en el tiempo de las variables disponibilidad, altura y asignación de forraje son críticos en el suceso del manejo de sistemas pastoriles y determina a su vez la interacción pastura-suplementos (Chilibroste *et al.*, 2003).

1.1.2.4 Control de altura y biomasa de forraje

En el manejo y utilización de las pasturas normalmente se hace referencia a parámetros tales como disponibilidad (cantidad de forraje por ha) y producción de forraje (kg MS que se produce en un momento dado). Una misma cantidad de forraje sin embargo puede lograrse con pasturas densas y bajas o menos densas y altas. Densidad y altura son dos componentes de la estructura del tapiz, término que se refiere a la forma como se distribuye el forraje desde el nivel del suelo al estrato superior (García, 1995).

Al definir estrategias de manejo a nivel de pastura, se debe considerar además de la producción de forraje otras características que afectan la accesibilidad del forraje por parte del animal como biomasa aérea, altura de follaje (variable que determina el tamaño de bocado del animal), biomasa y tamaño de las láminas (Prache y Peyraud, 1997).

Si bien la altura es elegida como un descriptor de la disponibilidad de forraje, Forbes y Hodgson (1985) reportaron que existen limitaciones como indicador del CMS dado que, no describe la calidad de la pastura disponible, considerando que las vacas sólo seleccionan las hojas verdes que se encuentra en el horizonte superior, dejando los tallos y hojas muertas de los horizontes inferiores (O'Donovan y Delaby, 2008).

Sin embargo en pasturas templadas existe acuerdo que la masa de bocado y la tasa de consumo del animal aumentan con el incremento de la altura de la pastura (Forbes, 1988). A su vez McGilloway *et al.* (1999) indicaron que cuando la altura es reducida, la densidad del tapiz es otra variable que también influye en la masa de bocado.

Dado que la altura de la pastura es una variable que puede ser más fácilmente determinada que la masa de hoja verde, tanto a nivel experimental como en predios lecheros, ha sido ampliamente utilizada y considerada como un útil descriptor del estado de la pastura y permite formular guías en el manejo del pastoreo (Chilibroste *et al.*, 2005) y regular el consumo (Peyraud *et al.*, 1996).

La regulación del efecto de la presión de pastoreo o carga animal sobre los sistemas de producción pueden ser manejados controlando la intensidad de defoliación, a través de la altura de forraje disponible a la entrada y salida

del pastoreo y son de fácil aplicación tanto a nivel de investigación como de fácil aplicación en la producción (Mattiauda *et al.*, 2009).

Conocer las relaciones entre variables estructurales, como por ejemplo altura y biomasa aérea y sus cambios en las diferentes estaciones del año, facilita la implementación de prácticas de manejo a nivel predial que permitirían predecir de forma adecuada la eficiencia de utilización y consumo de forraje (Curran *et al.*, 2010).

El uso de la disponibilidad de forraje es un criterio usado a nivel de predios para tomar decisiones de cuando es el momento oportuno para pastorear (Wims *et al.*, 2014). La estimación visual de disponibilidad de forraje ofrece una evaluación precisa, confiable y de fácil medición en la pastura (O'Donovan *et al.*, 2002).

Trabajos reportados por Peyraud *et al.* (1996) indicaron que las decisiones de manejo como la AF en sistemas de pastoreo rotativo y/o la masa y altura de forraje previo al pastoreo tiene marcado efecto sobre el consumo, indicando que el consumo individual de las vacas en pastoreo fue ampliamente afectado por la asignación de forraje, pero que la estructura original de la pastura juega un rol en la regulación del consumo. La alta correlación entre la masa de forraje y la altura de la pastura previo al pastoreo ($r=0.94$, $p<0,01$) encontrada en sus experimentos permitió incluir la altura del forraje previo al pastoreo como una variable que tuvo un efecto altamente significativo cuando se incluyó en la asignación diaria de forraje.

Esta relación claramente demostró que si bien el consumo individual de las vacas está mayormente afectado por la asignación de la pastura, la estructura original de la pastura (masa y altura de forraje previo al pastoreo) afecta la tasa de consumo, la eficiencia de utilización y el CMS total (Peyraud *et al.*, 1996).

En síntesis el manejo del pastoreo requiere lograr un balance dinámico entre la tasa de crecimiento de la pastura y el consumo de los animales (Parsons y Chapman, 2000) y por lo tanto requiere conocer: la disponibilidad de forraje (kg/ha MS) al inicio del pastoreo, indicando el momento oportuno de cosecha de la planta por los animales , el remanente de pasto posterior al pastoreo que será regulado con la carga animal (intensidad de pastoreo) y las TC de las pasturas que determinarán la producción estacional y total de forraje disponible y potencialmente cosechable (Formoso, 2009).

Las hipótesis de este trabajo fueron:

1. Las rotaciones implementadas (duración y manejo de la fase pastura y los verdes anuales) determina la superficie disponible para pastoreo en otoño-invierno.
2. Siembras tardías de la fase pastura condicionan la SEP y la producción de forraje durante el período otoño-invernal
3. El control de la intensidad de defoliación afecta la producción de forraje estacional y total.
4. La asignación de forraje, el tiempo de pastoreo, y los atributos de la pastura (altura y forraje disponible) están positiva y significativamente relacionados con los kg de forraje desaparecido por VO.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló durante el período 2003-2005 en predios lecheros comerciales remitentes a la Cooperativa Nacional de Productores Lecheros-CONAPROLE y distribuidos en 7 zonas definidas por la cooperativa según área de producción: Canelones (CA), Florida (FL), San José (SJ), San José sur (SJS), Soriano(LE), Maldonado y Rocha(ES), y San Ramón (SR).

El estudio comprendió en un primer nivel, el relevamiento de 27 predios comerciales en los cuales se determinó la evolución en el uso del suelo (resultado de las secuencias de cultivos y rotaciones implementadas) en la superficie de vaca masa, (VM), la disponibilidad (kg/ha MS) y asignación de forraje (kg/ha MS/vaca/d) para las VO el día del control lechero, condiciones de suplementación durante la fase de lactancia, composición química de los alimentos y performance animal. No se consideró en este estudio el análisis reproductivo del rodeo.

El segundo nivel se desarrolló en ocho predios comerciales distribuidos en las diferentes zonales de CONAPROLE, interviniendo a nivel de parcela, con el objetivo de evaluar cómo impacta sobre la producción total y estacional de forraje (kg MS.ha/d), la aplicación de medidas de manejo controlando la intensidad de pastoreo.

2.1 NIVEL 1: MONITOREO DE 27 PREDIOS COMERCIALES

2.1.1 Localización y periodo experimental

Se seleccionaron en abril de 2003, 27 predios lecheros remitentes a CONAPROLE, ubicados y distribuidos en 7 zonales. Los predios contaban con asesoramiento técnico agronómico y veterinario, quienes conjuntamente con el productor realizaron la actividad central de relevamiento. En la

selección de los predios no existió ningún criterio específico más allá de la voluntad de los técnicos asesores y del productor en participar de la actividad y de la calificación por parte del responsable Zonal de CONAPROLE como predio representativo de la región. Los asesores realizaron un monitoreo de los sistemas de producción que permitió describir las condiciones de uso de suelo, alimentación y manejo del rodeo, y en forma más específica se relevó información que se concentró en las vacas y vaquillonas paridas en otoño (marzo-mayo) y primavera (agosto-setiembre). La información de cada regional fue centralizada por el técnico responsable de cada Zonal de CONAPROLE.

2.1.2 Mediciones experimentales y toma de muestras

2.1.2.1 Uso de suelo

La información disponible permitió el análisis del uso de suelo para el período otoño-invierno para el año 2003-2004-2005. En el año 2003 se analizaron 27 matrículas con una superficie total de 3780 ha donde se determinaron los porcentajes de los componentes verdeo de invierno (Vi), pradera de primer año (P1) y praderas de más de 1 año (P+). En el año 2004 se analizaron un total de 26 matrículas con una superficie de 3647 ha y en el 2005 fueron 20 matrículas con una superficie total de 2660 ha. Las matrículas que se repitieron sucesivamente durante los 3 años consecutivos fueron 27 y son las consideradas en este trabajo (Cuadro 4).

Cuadro 4. N° de regionales, matrículas y superficie total relevada durante año 2003, 2004, 2005.

Años 2003-2004-2005		
Regional	Matrículas (N°)	Superficie (has)
CA	2	525
ES	3	490
FL	5	770
LS	1	132
SJ	5	784
SJS	6	527
SR	5	486
Total	7	3715

CA: Canelones, **ES:** Este, **FL:** Florida, **LS:** Litoral Sur, **SJ:** San José, **SJS:** San José Sur y **SR:** San Ramón.

Una vez al mes y en la fecha cercana al control lechero que normalmente realizaba el productor, se visitó el predio y se procedió a recabar la información de uso de suelo en una planilla que registraba las actividades agronómicas realizadas en cada uno de los potreros del área de vaca masa (VM) (incluyó el área de pastoreo directo de vacas en ordeño y vacas secas, más el área de reservas destinadas a las VM): siembra (fecha-cultivo-fertilización), pastoreos (entrada ,salida, número de animales), fertilización, aplicación de herbicidas, cortes y rotativa.

En base a la información registrada se determinó la superficie efectiva de pastoreo (SEP) para las vacas en ordeño (VO) durante el período otoño - invierno (área que realmente produce forraje apto para pastoreo) en función de los siguientes criterios: para verdeos de invierno o verano, desde el momento del primer pastoreo hasta que entra en barbecho y para praderas, desde el primer año a partir del primer pastoreo y hasta el momento que entran en barbecho. Las praderas viejas utilizadas como potreros de descanso y áreas de campo natural no se consideraron dentro de la SE

La evolución de uso de suelo resultado, de la secuencia de cultivos y rotaciones implementadas, se registró en el período otoño-invierno para el año 2003-2004-2005 y para el total de la superficie en rotación de las matrículas que se repitieron sucesivamente los 3 años analizados. Se determinaron los porcentajes de los componentes verdeo de invierno (Vi), pradera de primer año (P1) y praderas de más de 1 año (P+).

2.1.2.2 Determinación en la pastura y suplementos

Mensualmente se estimó para cada uno de los potreros del área de VM la disponibilidad de forraje (kg/ha MS) en base a la apreciación visual. Para poder estimar mensualmente y a simple vista la masa de forraje disponible, se entrenó a los observadores (productores y técnicos asesores) utilizando el método comparativo de Haydock y Shaw (1975). Una vez que los observadores calibraron y ajustaron la estimación visual del forraje, lo utilizaron como método de rutina para determinar en forma rápida y precisa la disponibilidad ponderada promedio del área total de VM y estimar el día del control lechero, la disponibilidad de forraje ofrecido por vaca y por día (kg/ha MS/d).

Previo al ingreso de los animales en ordeño a la pastura asignada, se determinó la cantidad de forraje ofrecido por vaca y por día (kg MS/VO/d). El dato se utilizó para ajustar el área de franja diaria ofrecida a los animales. Simultáneamente a la entrada de los animales al pastoreo y para determinar la calidad de forraje efectivamente cosechado, se tomaron muestras con corte manual siguiendo una metodología de *hand-plucking* caminando cerca de los animales elegidos al azar y simulando el pastoreo. El resto de la dieta de las vacas se caracterizó en función de los kilos de reserva y concentrado ofrecido. Los suplementos se muestrearon al momento de ser ofrecido (ej. silos grano y forraje, forraje seco) o en los lugares en que se encontraban almacenados (granos secos, raciones y/o subproductos).

Adicionalmente se registró el detalle de la rutina de alimentación correspondiente a la semana en que se realizó el control: horarios de acceso a la pastura, forma y cantidad de suministro del forraje conservado y suplementos.

2.2 NIVEL 2: INTERVENCIÓN EN OCHO PREDIOS COMERCIALES

2.2.1 Localización y periodo experimental

El segundo nivel de estudio se llevó a cabo durante el período febrero 2003- febrero 2005 en ocho predios comerciales de la cuenca lechera del Sur del país remitentes a CONAPROLE en los Departamentos de Florida, San José, Canelones, Soriano y Maldonado. La elección de los predios fue realizada con criterios previamente establecidos por CONAPROLE y técnicos zonales tratando de que los mismos fueran representativos de la cuenca lechera y que estuvieran motivados en participar del proyecto. Las zonas en cuestión representan situaciones caracterizadas por suelos de tipo Vertisoles Rúpticos Lúvicos (típicos) y Brunosoles éutricos y subéutricos típicos/lúvicos en su mayoría Unidades de suelo mapa 1:1M, características de la cuenca lechera del sur del País (Cuadro 5).

Cuadro 5. Unidad y grupo de suelo de las exclusiones de manejo de pasturas de cada predio.

Departamento	Ubicación	Unidad	Suelo dominante	Grupo
San José	R.11 Km 74	Tala Rodríguez Libertad y San Jacinto	Vertisol Rúptico Típico Lúvicos/Brunosoles Éútricos Subéútricos Típicos	10.8b
San José	R.1 Km 64			10.8b
San José	R.11 Km 59.5			10.8b
Canelones	R. 12 Km 92			10.8b
Florida	R.5 y 12	La Carolina		10.8 ^a
Soriano	R.2 Palmitas	Cuchilla Corralito	Brunosol Eútrico Típico/Vertisol Ruptico Típico	10.1
Maldonado	Ruta 9 Gregorio Aznares	Unidad San Carlos/Sierras de Polanco	Argisoles Subéútricos Ócricos Típicos/Brunosoles Subéútricos Háplicos y Típicos	4.2/2.21
Rio Negro	Fray Bentos	Fray Bentos	Brunosoles Éútricos Típico	11.2

2.2.2 Selección de potreros

El experimento se desarrolló sobre la base y rotación forrajera que cada productor tenía implementada en su predio. Se consideró el estado de la pastura, el tipo de mezcla utilizada en el momento de inicio del experimento (febrero 2003) y los potreros más cercanos al tambo o de mayor frecuencia de uso para pastoreo en el área de VO. En cada predio se

seleccionaron 2 potreros, uno de los cuales tenía una pastura en plena producción de segundo y/o tercer año (P2 oP3) y el otro una pastura recién implantada o verdeo de invierno (Vi) (cuadros 6 y 7), las mismas se monitorearon simultáneamente en el tiempo. Se buscó que los casos seleccionados por predio fueran lo más homogéneos posibles en cuanto a tipo de suelo y topografía.

En cada uno de los potreros se registraron prácticas agronómicas tales como fecha de siembra, fertilización de pasturas, manejo del pastoreo y mezcla forrajera. Para cuantificar la producción de forraje se determinó la tasa de crecimiento (TC) kg MS/día.

Cuadro 6. Principales mezclas y densidad de pasturas utilizadas a la siembra en pasturas de segundo y/o tercer año seleccionadas y monitoreadas en los ocho predios comerciales.

Productor	Mezcla forrajera	Densidad (kg/ha)	Fecha de siembra
1	TR.TB.AA.Rg	6+5+10+10	20-03-2002
2	TR.TB.Lo.Rg	8+1+6+15	20-04-2002
3	TR.TB.Rg.Festuca	14+1+10+10	27-06-2002
4	TR.TB.Lo.Rg	4+2+10+15	04-03-2003
5	TR.Rg	8+15	14-04-2003
6	AA.Lo.Rg	10+15+15	28-04-2002
7	TR.Lo	8+10	20-04-2002
8	AA.Dact.Av	13+12+50	3-04-2002

TR:Trébol Rojo, **TB:**Trébol Blanco, **Lo:**Lotus, **AA:**Alfalfa, **Rg:** Raigras; **Fest:** Festuca, **Dact:** Dactylis, **Av:** Avena, **Ach:** Achicoria

Cuadro 7. Principales mezclas y densidad de pasturas a la siembra en pasturas de primer año y verdeos seleccionados y monitoreados por productor.

Predio	Mezcla forrajera	Densidad (kg/ha)	Fecha de siembra
1	TRTBAA Rg	6+5+10+15	20-04-2003
2	TR.TB.Lo.Ach.Rg.anual Rg. Bianual	7+1+7+6+5+5	28-03-2003
3	TR.TB.Rg.Fest	8+1+8+10	04-04-2003
4	Av1095a	100	21-02-2003
5	TR.Lo.Fest.Av	10+10+12+40	12-04-2004
6	AA.Lo.Rg	10+15+15	29-05-2003
7	TB.AA.Dact.Rg	5+10+10	20-04-2002
8	Av.protina 34	100	22-02-2002

TR:Trébol Rojo, **TB:**Trébol Blanco, **Lo:**Lotus, **AA:**Alfalfa, **Rg:** Raigras; **Fest:** Festuca, **Dact:** Dactylis, **Av:** Avena, **Ach:** Achicoria

2.3 TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño del experimento fue de bloques completos al azar. En cada predio se seleccionaron dos bloques (dentro de las pasturas seleccionadas) y dentro de cada uno de los bloques se sortearon los dos tratamientos.

En cada potrero se marcó un área lo más homogénea posible y representativa del mismo, correspondiente a un 30% del total (bloque), que a su vez fue dividida en dos parcelas y en las que se asignaron los tratamientos:

1. **Tratamiento testigo (T0):** el productor aplica los criterios habituales de manejo del pastoreo.

2. **Tratamiento controlado (T1):** Se adoptan las prácticas agronómicas sugeridas por el equipo técnico donde se controla la intensidad

de defoliación en base a dos criterios: la altura de forraje a la entrada del pastoreo (15-20cm) con cobertura total del suelo y la altura de salida (5-7cm).

2.4 MEDICIONES EN LA PASTURA

2.4.1 Determinación de la tasa de crecimiento

La determinación de la tasa diaria de crecimiento TC (Kg/ha MS/d) de forraje para cada tratamiento, se realizó mediante la utilización de jaulas de exclusión móviles, de forma piramidal de acuerdo a la descripción de Berretta *et al.* (1993). Al inicio del experimento y previo a la colocación de la jaula se determinó en cada parcela la disponibilidad de forraje inicial. Para los casos en que se realizaron determinaciones en praderas nuevas (P1) o verdeo de invierno (Vi) el inicio del experimento estuvo determinado por la disponibilidad de forraje alcanzado para iniciar el primer pastoreo, mientras que en el caso de las praderas de más edad (P2, P3) el inicio del experimento se determinó en función de la secuencia de pastoreo ya instalada.

Al inicio del experimento y luego del primer pastoreo en los potreros seleccionados se instalaron 3 jaulas por parcela. Las jaulas fueron identificadas con números del 1-3 para el tratamiento T1 y del 4-6 para el tratamiento T0. En cada una de las jaulas se realizaron dos cortes del forraje con cuadro (0,20 x 0,50) del forraje remanente dejado luego del pastoreo, en el tiempo x (T_x), dando inicio al período de medición de las TC. Al siguiente pastoreo y dentro de cada jaula se cortan dos cuadros en la zona que no fue cortada anteriormente y que corresponde al crecimiento de forraje disponible en el tiempo (T_{x+1}). Entre períodos de pastoreo se movía la jaula a un nuevo sitio evitando áreas contaminadas con heces o que hayan sido rechazadas por el pastoreo y se inician sucesivamente los cortes correspondientes antes

descriptos. La diferencia entre los kg/ha MS disponibles en el periodo (T_{x+1}) y los kg/ha MS remanentes en el periodo (T_x) dividido el número de días transcurridos entre ambos períodos se utilizó para determinar las TC (Kg/ha MS.d⁻¹).

La frecuencia entre cortes dependió de la entrada y salida de los pastoreos en cada parcela y estación del año, la cual era controlada en función de la disponibilidad de forraje del área de pastoreo definida previamente (mayor a 1500 kg/ha MS).

2.4.2 Forraje desaparecido

Se estimó el forraje desaparecido para ambos tratamientos T1 y TO como la diferencia entre los kg forraje disponible previo al pastoreo y post pastoreo y en función de la cantidad de vacas que ingresaban a la parcela el día que se realizaba la visita al establecimiento.

2.4.3 Relación altura-biomasa y caracterización de la pastura

Para los cortes dentro de la jaula se utilizó un marco rectangular de 0,20 x 0,50cm. Previamente a los cortes dentro de la jaula, se determinó la altura de forraje por cuadro (usando una regla graduada registrando el punto de la hoja viva más alta sin extender que toca la regla), con el objetivo de determinar las relaciones de altura-biomasa aérea de forraje tanto para el forraje disponible como para el forraje remanente (Haydock y Shaw, 1975). Los cortes se realizaron a ras del piso con tijera manual de esquilador (aro). Una vez por estación (al promediar la misma) en cada parcela estudiada se realizó una recorrida para caracterizar el estado de la misma: porcentaje de cobertura del suelo y nivel de enmalezamiento. Las estaciones se definieron según Leborgne (1983): verano (diciembre, enero y febrero), otoño (marzo,

abril y mayo), invierno (junio, julio y agosto) y primavera (setiembre, octubre y noviembre).

2.5 MODELOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La información de las tasas de crecimiento, disponibilidad y altura de forraje se analizó con un modelo mixto de medidas repetidas en el tiempo, con el uso del procedimiento GLIMMIX (SAS, 2010). El modelo incluyó los efectos fijos del tipo de forraje, tratamiento, estación y las interacciones forraje*tratamiento y tratamiento* estación. El modelo incluyó el efecto bloque como efecto aleatorio.

La unidad experimental sobre la que se realizaron las medidas repetidas en el tiempo fue la parcela. Se analizó la estructura de covarianza utilizando una estructura de primer orden heterogénea y autorregresiva ARH(1) en base al criterio de Akaike.

Las medidas se compararon usando la prueba de Tukey y los efectos se reportaron como significativos cuando $P < 0,05$ y se consideró tendencia con valores de $P \leq 0,05$ y $< 0,1$.

Modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \beta_j + \text{tipo pastura} + \text{estación} + (\text{tipo pastura} * T)_{ki} + (T * \text{estación})_{il} + \varepsilon_{ijkl}$$

Para estudiar la relación entre las variable disponibilidad y altura de las pastura P1, P2 y P3 se utilizó un modelo de regresión lineal simple utilizando el procedimiento PROC REG SAS (SAS, 2010).

Modelo:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i$$

Dónde: y_i es la variable de respuesta Kg MS disponible por ha, β_0 el intercepto del modelo, β_1 el coeficiente de regresión lineal de la variable explicativa x_i altura de forraje en cm. El coeficiente de determinación R^2 se utilizó para determinar la bondad de ajuste del modelo. El valor crítico F se reportó como significativos cuando $P < 0,05$ y se consideró tendencia con valores de $P \leq 0,05$ y $< 0,1$.

Para cuantificar la relación entre forraje desaparecido (Kg MS ofrecido-Kg MS rechazados) y las variables asignación de forraje, horas de pastoreo, Kg/ha MS disponible y altura de forraje disponible, se utilizó un modelo de regresión múltiple utilizando el procedimiento PROC REG con el método de selección *stepwise* (SAS, 2010).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 NIVEL 1. MONITOREO DE 27 PREDIOS COMERCIALES

3.1.1 Uso del suelo

La información disponible permitió el análisis del uso de suelo para el período otoño-invierno para el año 2003-2004-2005. En el año 2003 se analizaron 27 matrículas con una superficie total de 3780 ha donde se determinaron los porcentajes de los componentes verdeo de invierno (Vi), pradera de primer año (P1) y praderas de más de 1 año (P+). En el año 2004 se analizaron un total de 26 matrículas con una superficie de 3647 ha y en el 2005 fueron 20 matrículas con una superficie total de 2660 ha. Las matrículas que se repitieron sucesivamente durante los 3 años consecutivos fueron 27 y son las consideradas en este trabajo (Cuadro 8).

Cuadro 8. N° de regionales, matrículas y superficie total relevada durante año 2003, 2004, 2005.

Años 2003-2004-2005		
Regional	Matrículas (N°)	Superficie (has)
CA	2	525
ES	3	490
FL	5	770
LS	1	132
SJ	5	784
SJS	6	527
SR	5	486
Total	7	3715

CA: Canelones, **ES:** Este, **FL:** Florida, **LS:** Litoral Sur, **SJ:** San José, **SJS:** San José Sur y **SR:** San Ramón.

En el Cuadro 9 se presenta el porcentaje de uso de suelo en el período otoño-invierno 2003-2004-2005 para los componentes praderas de primer

año (P1), praderas de más de un año (P+) y verdeos de invierno (Vi), en el total de la superficie en rotación ocupada por las matrículas relevada

Cuadro 9. Porcentaje de uso de suelo durante el otoño de cada año (2003-2004-2005) para el total de la superficie en rotación ocupada por las matrículas relevadas

% Superficie ocupada de uso de suelo por componente			
Año	P1	P+	Vi
2003	27	54	19
2004	19	62	19
2005	23	57	20

P1: Pradera de primer año sembrada en otoño, **P+:** Pradera productiva de más de un año, **Vi:** Verdeo de invierno Avena(Av.), Av. con Raigrás (Rg.) o Rg. puro

El uso del suelo reflejó un promedio de 80% de la superficie en pasturas de 1 a 4 años y 20% ocupada por verdeos puros de avena, raigrás o su mezcla. Para la superficie en estudio esto representó un esquema de rotación de 3 años de pradera y un año de agricultura.

Las praderas en producción de más de un año (P+) variaron entre 54% y 62%. En el 2003 hubo un porcentaje de praderas sembradas de primer año mayor con respecto a 2004-2005 (27%, 19% y 23% respectivamente) que se reflejó durante 2004-2005 en una superficie mayor de praderas productivas (62% y 57%). El área de verdeos puros de avena (Av.), raigrás (Rg.) o su mezcla (AvRg) se mantuvo durante los 3 años entre 19-20%.

Cuando analizamos el uso del suelo en los 7 zonas relevadas (Cuadro 10) se observó una variación con respecto principalmente a la proporción de superficie ocupada por praderas de tres años (P3) y praderas de cuatro años

y más (P4+) que dependiendo de la zona varió en un rango de 8,6 a 23,4% en P3 y 2 a 27,8% en praderas de larga duración P4+.

Cuadro 10. Porcentaje de uso de suelo en promedio durante otoño-invierno 2003-2004-2005 para la superficie relevada en las 7 zonales.

Componente de la rotación	uso de suelo (%)						
	CA	ES	FL	LS	SJ	SJS	SR
AA	0	6	1	0	4	9	10
Vi	24	12	15	19	21	17	23
P1	21	30	26	20	28	25	23
P2	27	27	22	26	23	20	24
P3	23	15	9	20	20	10	13
P4 y +	5	10	27	15	4	19	7

CA=Canelones, **ES**=Este, **FL**=Florida, **LS**=Litoral Sur, **SJ**=San José, **SJS**= San José Sur y **SR**= San Ramón.

La AA pura ocupó un área relevante en SJS, SR y ES que estuvo entre 4 y 10% del área total, pero no estuvo presente como alternativa forrajera en CA, FL y LS.

Las praderas de más de 3 años (P4 y +) presentaron un porcentaje importante en FL, SJS Y LS (27, 19 y 15 respectivamente) ubicándolas como estructurales en la rotación no así en otras regionales donde su porcentaje es bastante bajo indicando una fase pastura más corta en la rotación.

La superficie a sembrar durante el otoño estuvo compuesta por verdeos de invierno y praderas y el mando de la rotación y/o el inicio de la fase anual, lo tiene la duración de la fase pastura. El análisis en el total de superficie relevada y durante los tres años indica una menor cantidad de

praderas de tercer año con respecto a las de segundo año del año anterior, lo que indica que no todas llegan a su tercer año de vida (Cuadro 11).

Cuadro 11. Porcentaje de praderas de segundo año (P2), tercer año (P3) y más de 3 años (P4 y mas) y superficie recién implantada (P1/Vi) o en barbecho durante otoño los años 2003-2004-2005.

Componente	Año		
	2003	2004	2005
P2	23	23	25
P3	13	18	13
P4 y mas	12	6	12
P1/Vi o barbecho	52	53	50

Este resultado puede ser explicado por la propia composición de la mezcla que en la casi totalidad de los predios relevados los componentes de la misma fueron trébol blanco (*Trifolium repens*), lotus (*Lotus corniculatus*), trébol rojo (*Trifolium pratense*) y Raigrás anual o bianual (*Lolium multiflorum*). A su vez en los casos que se incluyó una gramínea perenne la mezcla se sembró asociada con Avena (*Avena bizantina*) o Raigrás. Tal como reportó Zanoniani (2010) La inclusión en la mezcla de especies anuales y bianuales invernales (*Avena bizantina*, *Lolium multiflorum* y *T. pratense*) determina que por lo menos el 50% del área del suelo se encuentre sin cobertura entre octubre a mayo y en consecuencia aumenta la presencia de malezas disminuyendo la productividad y persistencia de la pastura. El resultado de esta elección de especies implica alta producción concentrada durante año y medio de instalada, baja persistencia en el tiempo y altos niveles de engramillamiento (Formoso, 2005). Trabajos realizados por Zanoniani y Boggiano (2006) demostraron que la siembra de una mezcla de especies perennes de similar ciclo o complementaria no sólo disminuyó el período sin cobertura del suelo en el período estival sino que permitió aumentos en la producción primaria de más de 100%, con fuerte

incremento en el período otoño-invernal. A su vez las opciones forrajeras perennes presentan la ventaja adicional de ser pastoreadas en cualquier mes del otoño (marzo, abril o mayo) a diferencia de los Vi donde la producción otoñal es altamente dependiente de la fecha de siembra (Formoso, 2005).

3.1.2 Efecto de la rotación forrajera y superficie a sembrar en otoño

Los diferentes esquemas de rotación forrajeros implementados en los predios relevados variaron con la duración de la fase pastura y la estación en la que se inició la fase anual de cultivos.

La duración de la fase pastura y el inicio de la fase anual del cultivo determinó la proporción de superficie a sembrar durante el otoño donde los esquemas de rotación más cortos y con menor proporción del tiempo en porcentaje bajo pastura, determinaron mayor superficie de la rotación a sembrar en otoño que se ubicó en un 67-70%. El largo de rotación y el cumplimiento del esquema propuesto definieron el porcentaje de la superficie del predio en barbecho y a ser sembrado durante el otoño.

Este problema fue determinado por el propio esquema de producción de forraje implementado. No solo se afectó el área a sembrar en el otoño, que no estará disponible para el pastoreo, sino también, se agrega la imposibilidad de cumplir con la siembra de cada componente dentro del rango de fechas óptimo. Si bien este problema se diagnostica como general en la cuenca lechera sur (Astigarraga, 2004; Durán y La Manna, 2009) el problema es mayor en los predios más pequeños que han implementado rotaciones más cortas.

Analizando la población por estratos de superficie promedio el total de superficie a sembrar fue de 34% y varió con el tamaño de explotación, donde

se observó que los predios de menor superficie tienen una mayor proporción de área a sembrar en otoño, indicando sistemas de rotaciones más cortos, alcanzando situaciones de más de un 60% de área sembrada de la superficie en rotación (Figura 1).

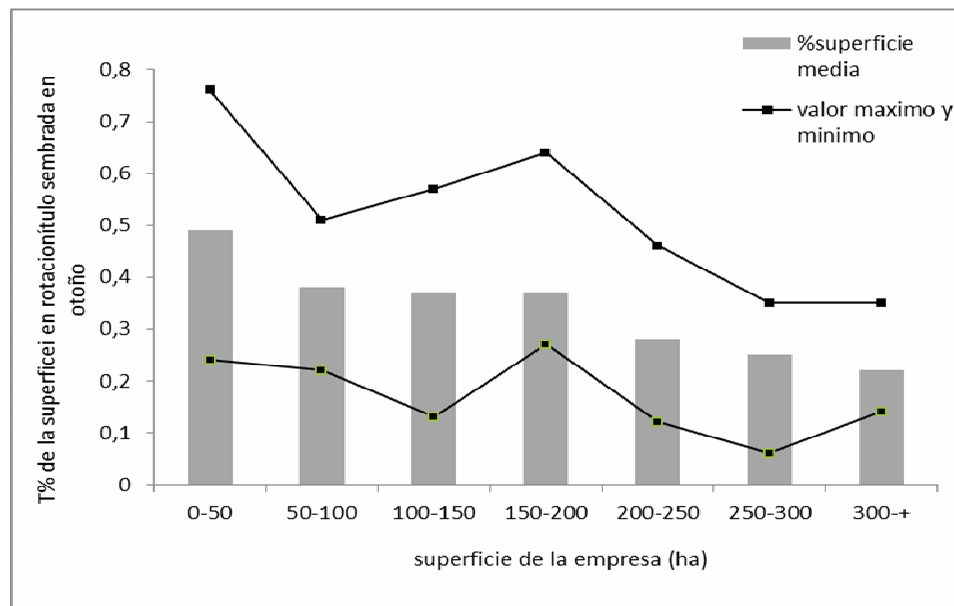


Figura 1. Porcentaje de la superficie en rotación que fue sembrada en otoño con verdeos, praderas y renovaciones de praderas (2003-2004-2005).

El otoño se transforma en la estación crítica en la producción de forraje y por lo tanto en el desempeño productiva. A nivel de oferta de forraje en el otoño, la misma está fuertemente condicionada porque coincide el fin de ciclo de la oferta de forraje de verdeos de verano y de praderas más viejas, con la incorporación de la fase de cultivos anuales de VI, la instalación de nuevas praderas y el inicio de la estación de crecimiento otoño –invernal de las P2 y P3. Esto se refleja a nivel productivo al analizar las curvas de lactancia que a nivel comercial indica rendimientos por debajo del potencial productivo de las vacas (Chilibroste *et al.*, 2011), con curvas bifásicas para

partos de otoño y curvas con buenos picos de producción pero sin persistencia para los partos de primavera, resultados que explican la expresión de los animales a un desbalance entre oferta y demanda de nutrientes con el modelo de producción de forraje y la estructura de partos de los rodeos lecheros de Uruguay (Chilibroste *et al.*, 2004).

3.1.3 Efecto de la fecha de siembra en la producción de forraje

La Figura 2 presenta la superficie acumulada por mes sembrada con verdeos y praderas para el año 2003-2004-2005. Sólo un 30 % de los verdeos del año 2003 se sembraron hasta el 30 de marzo y un 40% restante lo hizo en los primeros 15 días de abril. Durante el año 2004 y 2005 los verdeos puros lograron sembrarse en un mayor porcentaje 70 y 90% respectivamente antes del 30 de marzo. Sin embargo sólo un 10% de praderas en el año 2003-2004 alcanzó sembrarse antes del 30 de abril y más del 60% lo hizo luego del 30 de mayo. Para el año 2005 la situación cambia y se logra sembrar al 30 de abril el 70% de la superficie de praderas.

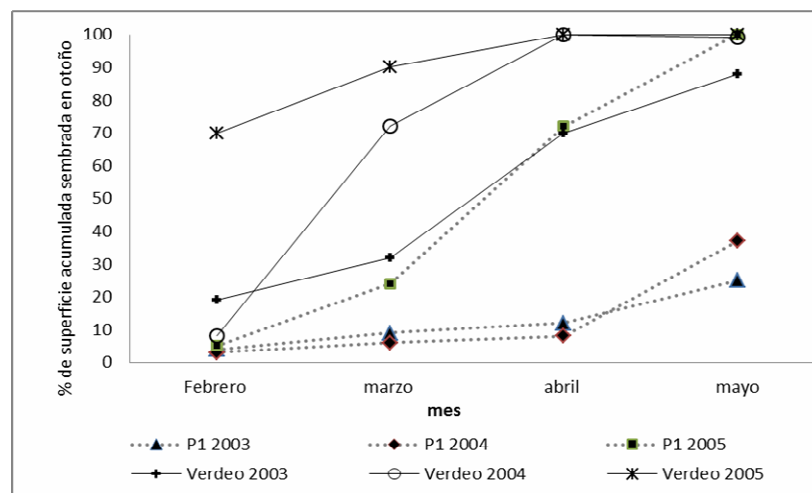


Figura 2. Porcentaje acumulado de la siembra de verdeos (Av., Rg., y su mezcla) y praderas para el período febrero a mayo de 2003-2004-2005

El atraso en las fechas de siembra de la superficie a sembrar en otoño determinó el tiempo en que ocurrió el primer pastoreo, esto fue determinado para el año 2003 con las 37 matrículas y para verdeos puros de Avena y praderas sembradas en ese año (Figura 3).

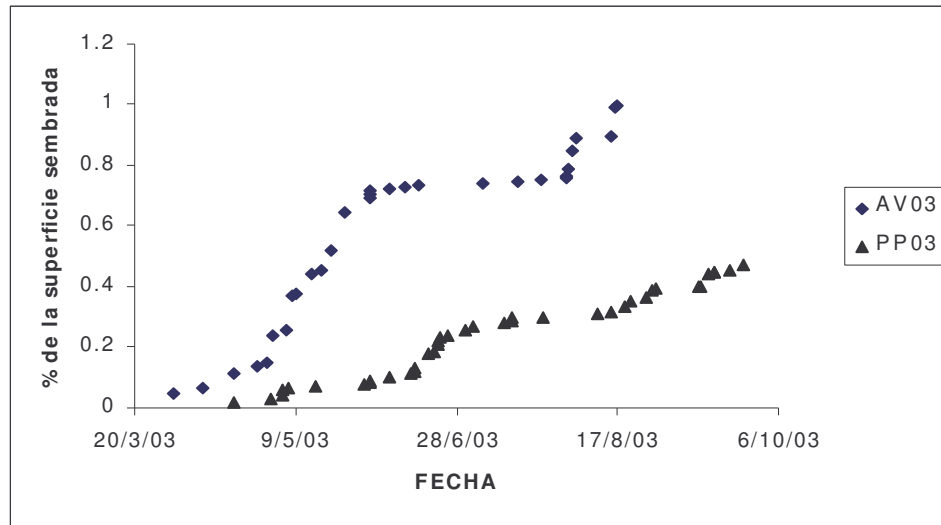


Figura 3. Fecha del primer pastoreo de Avena y praderas sembradas en otoño de 2003

El primer pastoreo de los verdeos se concentró mayoritariamente durante el mes de mayo y sólo el 40% de las praderas fueron pastoreadas durante el otoño invierno.

Si bien esta condición puede deberse a situaciones climáticas desfavorables para la siembra, existe un componente de planificación de actividades para lograr sembrar dentro del rango de fecha óptimo (Figura 4).

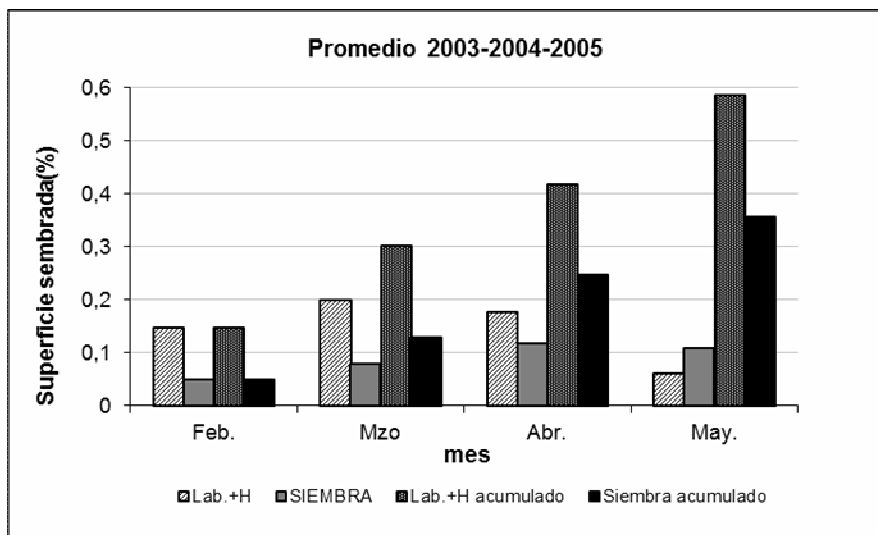


Figura 4. Porcentaje acumulado de la superficie total en rotación en barbecho (con aplicación de glifosato o con algún laboreo) sembrada entre febrero y mayo de cada año

En los tres años considerados, la superficie en barbecho al finalizar febrero fue relativamente baja y en marzo-abril la brecha entre superficie sembrada y superficie con suelo preparado es máxima. Considerando la superficie analizada para los tres años analizados (2100 ha), sólo se logró sembrar un 35 % antes del 30 de mayo. Para febrero el 14% de la superficie a sembrar recibió herbicida y/o laboreo, y el acumulado al 30 de marzo fue solamente el 30%. Esto implica que marzo-abril fueron los meses de preparación de suelo lo que condicionado a la necesidad de un tiempo de barbecho determinó la fecha de siembra, por lo tanto la fecha de siembra estuvo condicionada por la fecha de inicio de la preparación del suelo.

Durante el año 2003 y 2004, las siembras realizadas durante marzo fueron sobre barbechos iniciados en enero (2003) y enero- febrero (2004), y las siembras de abril sobre barbechos iniciados en febrero-marzo. El período de barbecho estuvo entre 60 y 90 días. Las siembras de mayo 2003 se

realizaron iniciando el barbecho en abril (60%) y un 30% con períodos de barbecho de menos de 30 días. Durante el año 2005 si bien la siembra fue más temprana que en años anteriores las mismas se realizaron sobre barbechos menores a 30 días, priorizando la fecha de siembra frente a período de barbecho. A medida que se atrasó el inicio de preparación de suelos se atrasó la fecha de siembra, y en los casos en que lograron sembrar temprano priorizaron la fecha de siembra frente a período de barbecho. La magnitud del problema es mayor en los predios más pequeños que han implementado rotaciones más cortas.

Si consideramos que en todo el sistema pastoril el otoño-invierno es crítico para determinar su productividad y que la forma de incrementar la misma pasa por la aplicación de medidas durante el otoño, toda demora de estas provocará una disminución en la capacidad de carga del sistema, que necesariamente se traducirá en una menor productividad del mismo (Zanoniani, 2010).

Zanoniani (2010) indica que las recomendaciones de siembras tempranas en el otoño permitiría desarrollar una canopia suficiente para interceptar la radiación fotosintéticamente activa disponible en un momento en que las condiciones de temperatura y humedad son favorables para la producción de forraje para lo cual indica que la ganancia de sembrar temprano (emergencia de plantas en marzo o primeros días de abril) anual vs siembra tardía (mes de mayo o posterior) es de 2500 kg/ha MS para el período otoño – invierno.

La simulación de escenarios productivos realizados por Silbermann *et al.* (2005) indicó que el atraso en la fecha de siembra disminuyó la producción de la rotación de un 7% cualquiera sea el manejo realizado en las condiciones de pastoreo (altura de entrada y salida del pastoreo). En un

escenario donde además de la fecha de siembra se controlan las condiciones de pastoreo el aumento en la producción de forraje fue del orden de 27 %. Por otro lado cuando se estudió el efecto de la fecha de siembra bajo condiciones de manejo de pastoreo controlado (praderas y verdeos de invierno son pastoreados cuando alcanzan 1800 kg/ha MS en otoño invierno dejando un remanente de 750 kg/ha MS), el atraso en la fecha de siembra determinó una disminución del 10% del forraje cosechable y un aumento en la estacionalidad de la producción.

El esquema de rotación forrajero donde la duración de la fase pastura no logra superar los 3 años, el requerimiento de la renovación de pasturas para mantener la oferta de pasturas del sistema alternando o incluyendo en la mezcla verdeos anuales y especies bianuales y el incumplimiento del plan establecido en la rotación (inicio de barbecho y fecha de siembra) determina una alta proporción de área a sembrar en otoño que se retira de la oferta forrajera de los predios lecheros hasta que la biomasa de forraje habilite el primer pastoreo. Por lo tanto disminuye SEP, aumenta la presión de pastoreo en dicha área y se acelera por lo tanto la frecuencia de pastoreo sobre áreas productivas (P2 y P3) durante el otoño-invierno provocando sobrepastoreo principalmente en las praderas P2. Las P2 bien manejadas son las que explican más 60% del forraje disponible en el otoño (Formoso, 2008).

3.1.4 Disponibilidad y altura de forraje

En el Cuadro 12 y 13 se presentan los resultados de disponibilidad y altura promedio de la pastura relevada en las matrículas analizadas en el área efectiva de pastoreo para los meses de marzo-abril-mayo-junio-julio – agosto-setiembre en los años analizados 2003-2004-2005.

Cuadro 12. Disponibilidad de la pastura (promedio y desvío estándar) en otoño-invierno y primavera para el área efectiva de pastoreo de las 27 matrículas relevadas en los años 2003-2004-2005.

Mes	Disponibilidad de forraje (kg/ha MS)		
	2003	2004	2005
Marzo	-	1390 ± 850	1984 ± 888
Abril	1340 ± 500	1270 ± 616	1916 ± 622
Mayo	1134 ± 457	1430 ± 581	1576 ± 480
Junio	1193 ± 560	1348 ± 522	1547 ± 606
Julio	1343 ± 694	1529 ± 551	1592 ± 593
Agosto	1380 ± 696	1534 ± 508	1706 ± 593
Setiembre	1861 ± 782	1744 ± 666	1659 ± 458

Los valores medios observados de disponibilidad para el año 2003 se registraron a partir del mes de abril. Los años 2004 y 2005 registran información a partir de marzo. Los valores medios observados de disponibilidad para el año 2003 y 2004 no alcanzaron los 1500 kg/ha MS siendo mayo el mes más crítico para el año 2003 de 1134 kg/ha MS y el mes de abril para el año 2004 con 1270 kg/ha MS. El año 2005 registra valores promedio superiores para el otoño que se ubicaron en los meses de abril-mayo en 1950 kg/ha MS. En todos los años la primavera alcanzó valores superiores a los 1500 kg/ha MS.

Cuadro 13. Alturas medias en cm del forraje disponible en otoño-invierno y primavera (promedio y desvío estándar) en el área efectiva de pastoreo para las 37 matrículas relevadas en el año 2003-2004-2005.

Mes	Altura de forraje (cm)		
	2003	2004	2005
Marzo	-	16 ± 9,8	20 ± 9
Abril	15± 9,8	15 ± 8,2	21 ± 7,5
Mayo	12 ± 6	16 ± 7,6	16 ± 5
Junio	13 ± 5	14 ± 5	16 ± 6
Julio	15±5	16±7	16±8
Agosto	14±7	15±6	17±6
Setiembre	17±6	17±6	17±6

Los valores más bajos de altura registrados en la pastura en mayo y junio de 2003 (12 y 13 cm respectivamente) se relacionan con los menores valores de disponibilidad de forraje presentados en el Cuadro 11 para los mismos meses y año, lo mismo ocurre con los valores más altos de altura registrados en marzo abril de 2005 (20 y 21 cm respectivamente) coincidiendo con los mayores valores de disponibilidad reportados en la misma fecha presentados.

Los valores de disponibilidad de biomasa así como la altura en cm declinan linealmente de abril a junio recuperándose a partir de julio para todos los años. Esto indica las restricciones en la estructura de base forrajera en los predios comerciales durante el otoño-invierno y coinciden con los reportados por Chilbroste *et al.* (2003).

La baja SEP registrada en el otoño como resultado del esquema forrajero implementado en la mayoría de los predios comerciales lecheros

(Formoso, 2009; Durán y La Manna, 2009), y las restricciones en la estructura de la base forrajera durante el otoño tanto de disponibilidad como altura de forraje registrada en la base forrajera de los predios lecheros condiciona el CMS de los animales (Chilibroste *et al.*, 2003). En estas condiciones es común el sobrepastoreo generando un impacto negativo muy alto en la cantidad de pasto producido (García y Farinha, 2010)

3.1.5 Asignación de forraje

Cuadro 14. Asignación de forraje (kg MS/vaca/d) (promedio y desvío estándar) en otoño-invierno y primavera en el área efectiva de pastoreo para las 37 matrículas relevadas en el año 2003-2004-2005.

	Asignación de forraje (kg MS/vaca/d)		
	2003	2004	2005
Mes			
Marzo	-	10,5 ± 5,3	13 ± 5
Abril	17± 13,6	10 ±5,6	15 ± 5
Mayo	13 ± 9,5	12± 7,6	13 ± 7
Junio	19 ± 20	15 ± 11	15 ± 8
Julio	17±15	14±7	13±6
Agosto	20±19	16±7	13±6
Setiembre	17±12	16±7	13±5

Los valores reportados de asignación de forraje en el periodo considerado se ubican entre 10 y 20Kg MS por vaca por día. El período de otoño presentó los valores más bajos de asignación que presentaron valores promedio de 13 kg, alcanzando los registros menores especialmente

al inicio del otoño (10Kg). Los mismos coincidieron con los bajos valores observados en el mismo período de disponibilidad y altura de forraje reportados en predios comerciales de trabajos anteriores (Chilibroste *et al.*, 2003), así como también la estrecha asociación de la AF con el consumo principalmente cuando las mismas están por debajo de los 20kg/d MS (Chilibroste *et al.*, 2003; Chilibroste *et al.*, 2012; Delagarde y O'Donovan, 2005).

3.1.6 Suplementación

Los cuadros 15 y 16 presentan la información de concentrado y ensilaje ofrecido (kg MS/vaca/d) a los animales durante los meses de otoño-invierno y primavera.

Cuadro 15. Niveles diarios de concentrado ofrecido (promedio y desvío estándar) en las 37 matrículas relevadas en el año 2003-2004-2005.

Mes	Concentrado (kg MS/vaca/d)		
	2003	2004	2005
Marzo	-	2 ± 2	2 ± 2
Abril	2,3 ± 2,4	3 ± 2,7	2,3 ± 2,6
Mayo	3,5 ± 2,5	3 ± 2,4	2,7 ± 2,5
Junio	3,2 ± 2,6	2,8 ± 2,4	2,9 ± 2,7
Julio	3,6 ± 2,8	2,5 ± 2,5	2,9 ± 2,7
Agosto	2,5 ± 2	2 ± 2,4	2,4 ± 2,5

Cuadro 16. Niveles diarios de ensilaje ofrecido (kg MS/vaca/d) (promedio y desvío estándar) en otoño-invierno y primavera en las 37 matrículas relevadas en el año 2003-2004-2005.

Mes	Ensilaje (kg MS/vaca/d)		
	2003	2004	2005
Marzo		2,3 ± 2,9	0,85 ± 1,7
Abril	2,5 ± 3,4	3,1 ± 3,4	1,5 ± 2,0
Mayo	4,3 ± 3,6	2,7 ± 2,9	1,8 ± 1,5
Junio	3,8 ± 3,5	2,9 ± 2,5	2,0 ± 1,5
Julio	3 ± 3	1,8 ± 2	1,7 ± 0,5
Agosto	1,9 ± 2,9	2 ± 1,5	1,25 ± 1,8
Setiembre	0,5 ± 1,4	1,5 ± 1,7	0,76 ± 1,4

Considerando los meses de otoño, los valores medios de suplementación con concentrados se ubicaron entre 2 y 3,5 kg MS/vaca/d y para ensilaje entre 0,85 y 4,3 kg MS/vaca/d. El mes de marzo reportó los valores más bajos en el uso de suplemento tanto con concentrados como ensilaje con valores que se ubicaron en 2 kg MS/vaca/d para concentrados y entre 1 y 2 kg MS/vaca/d de ensilaje.

Es claro que con los niveles de suplementación y las condiciones de disponibilidad y altura de forraje, ocurre un desfasaje entre los requerimientos en Kg MS/vaca y disponibilidad nutrientes para alcanzar un buen nivel de CMS total. Esto se refleja en la performance productiva de los animales (L leche/vaca/d), principalmente en el otoño, momento en el cual se concentran las pariciones. La toma de decisiones del productor en el uso

de la suplementación no sólo debería considerar su uso estratégico para aumentar la producción individual, sino que el momento de suplementar debería estar en función de los niveles productivos y de la disponibilidad y/o calidad de forraje. Esto permitiría compensar los déficit de forraje y mantener las frecuencias e intensidades de pastoreo adecuadas sin comprometer el desempeño productivo ni la condición corporal en las vacas (Parga, 2006).

3.2 NIVEL 2. MONITOREO DE OCHO PREDIOS COMERCIALES

3.2.1 Disponibilidad y altura de la pastura

3.2.1.1 Efecto del tipo de forraje

Los valores medios de disponibilidad total (kg/ha MS) no fueron diferentes para los diferentes tipos de pastura analizado mientras que la altura mostró una tendencia ($p < 0,1$) mayor para las praderas P1 y Vi con respecto a P2 y P3 (cuadro 17).

Cuadro 17. Efecto del tipo de pastura (componente) sobre la disponibilidad media kg/ha MS y altura en cm a la entrada del pastoreo del forraje en los ocho predios monitoreados (promedio \pm desvío estándar).

Componente	kg/ha MS	Altura cm
P1	1869 \pm 131ns	18,1 \pm 0,9
P2	1748 \pm 106ns	16,5 \pm 0,7
P3	1669 \pm 178ns	16 \pm 1,3
Vi	1919 \pm 278ns	22,6 \pm 2,25

ns:no significativo **P1**:pradera de primer año, **P2**:pradera de segundo año, **P3**:pradera de tercer año, **Vi**: verdeo de invierno

Los valores de disponibilidad determinados al inicio de cada pastoreo, registraron un valor máximo de disponibilidad a la entrada del pastoreo de 1919 kg/ha MS para Vi. Si bien no hubo diferencias significativas el valor máximo para las praderas fue para las P1 registrando un 7% más de forraje disponible con respecto a las P2 y 11% más que las P3.

Los verdeos de invierno que lograron iniciar los pastoreos en otoño alcanzaron valores de disponibilidad más altos que el resto de forraje disponible indicando que son una buena opción para tener alta disponibilidad de forraje en el invierno y primavera (Formoso, 2009). El crecimiento rápido e inicial de los verdeos y de las P1 que van asociadas a verdeos permitirían lograr disponibilidades adecuadas (mayor a 1500kg/ha MS) que definirían la decisión de ingresar al pastoreo. Esta ventaja en el corto plazo ha sido una de las estrategias seguidas por los productores y corroborada en DIEA (2014) apreciando una evolución creciente del porcentaje de superficie sembrada a favor de FA (Vi) en un fuerte proceso de anualización de la estructura forrajera.

3.2.1.2 Efecto de la estación de crecimiento

La estación de crecimiento de la pastura en el período otoño-invierno, registró en promedio valores de disponibilidad de forraje por debajo de los 1500 kg/ha MS fijados como criterio para el inicio del pastoreo mientras que la altura (cm) registró los menores valores en otoño (Cuadro 18).

Cuadro 18. Efecto de la estación de crecimiento sobre forraje disponible (kg/ha MS) y altura (cm) para el total de forraje durante todo el período experimental (promedio \pm desvío estándar).

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Forraje Disponible (kg/ha MS)	1250 \pm 164 ^d	1476 \pm 145 ^c	1914 \pm 140 ^b	2564 \pm 167 ^a
Altura en cm	15.5 \pm 1.2 ^d	16,9 \pm 1,06 ^c	19,8 \pm 1,03 ^b	21,08 \pm 1,2 ^a

Números con diferente letra dentro de la misma fila difieren significativamente ($p < 0,05$)

En primavera - verano se alcanzaron los valores de forraje disponible en promedio de 2239 kg/ha MS al ingreso del pastoreo indicando un período más favorable en la producción de forraje que permite superar en un 64% la oferta de forraje en el otoño.

La marcada estacionalidad de las pasturas sembradas en Uruguay hace que la eficiencia de utilización de éstas tome una particular importancia principalmente en el otoño-invierno. En esta época la principal limitante en el desempeño animal es el desbalance entre la oferta y demanda total de nutrientes por lo tanto las condiciones de disponibilidad que alcanzan los recursos forrajeros en el período otoño-invernal sugieren que el sistema no puede ser sostenido sólo a pasto y es necesario estrategias de alimentación (suplementación) que permitan cubrir esos desbalances y a su vez evitar situaciones de sobrepastoreo (Formoso, 2008). Antecedentes en la misma línea de trabajo reportados por Chilibroste *et al.* (2003) expresaron que los valores de disponibilidad de forraje al igual que los de altura declinaron linealmente entre los meses de abril a julio recuperándose luego en primavera.

3.2.1.3 Efecto del tratamiento

La altura del forraje disponible al ingreso al pastoreo en promedio no mostró diferencias significativas entre tratamientos, la misma fue para el tratamiento **(T1)** de 18,6 cm y para el tratamiento **T (0)** de 18 cm. Con respecto a los diferentes tipos de forraje las P2 y P3 fueron en promedio las que tuvieron alturas de ingreso al pastoreo más bajas 16,2 cm vs las praderas de P1 y Vi que reportaron valores de 18 y 22,7 cm respectivamente.

3.2.1.4 Efecto del tipo de forraje por tratamiento

Cuando analizamos esta interacción del tipo de pastura por tratamiento, se reportó una diferencia significativa en el T1 con respecto al T0 para las **P2** (17 vs 15,8 cm respectivamente) ($P < 0,05$). La altura de ingreso para las P2 es menor lo que estaría indicando una mayor frecuencia de uso y un menor tiempo de recuperación sugiriendo una mayor tendencia al sobrepastoreo, hecho relacionado con la menor área disponible para pastoreo de P1 y Vi.

3.2.1.5 Efecto del tratamiento por estación

La estación de otoño reportó en promedio las alturas de ingreso al pastoreo más bajas con respecto al resto de la estaciones, a su vez se pudo observar una tendencia mayor en la altura de ingreso al pastoreo en el tratamiento **T1** con respecto al tratamiento **T0** (16,5 vs 14,5 cm) ($P = 0,095$)

3.2.2 Tasas de crecimiento y producción de forraje

3.2.2.1 Efecto de los tratamientos

En el Cuadro 19 se presentan las TC kg/ha MS/d de las pasturas para ambos tratamientos **T0 y T1** y los diferentes tipos de forraje (P1, P2, P3 y

Vi). Los valores de TC para tratamiento **T1** fueron un 26,5% mayor con respecto al tratamiento **T0** y las diferencias se mantuvieron para P1, P2, P3 y Vi entre los tratamientos. En promedio las diferencias en las TC entre T0 y T1 indican 6,4 kg MS/día que en kg anuales implica una producción extra de 2336 kg/ha MS /año (Cuadro 19).

Cuadro 19. Tasas de crecimiento (promedio total por componente \pm desvío estándar) por tratamiento (T0: testigo y T1: control) durante el período experimental.

	T0	T1
Promedio Total	24,5 \pm 2,3 ^b	30,9 \pm 2,5 ^a
Componente		
P1	27,0 \pm 2,9 ^{b,y}	35,7 \pm 3,3 ^{a,y}
P2	20,5 \pm 2,0 ^{b,z}	25,8 \pm 2,2 ^{a,z}
P3	21,0 \pm 3,8 ^{b,z}	25,7 \pm 4,1 ^{a,z}
Vi	29,5 \pm 6,6 ^{b,x}	36,7 \pm 7,3 ^{a,x}

a, b letras diferentes entre columnas muestran diferencias estadística ($P < 0,05$); x,y,z letras diferentes entre filas muestran diferencias estadística ($P < 0,05$).

3.2.2.2 Efecto del tipo de forraje por tratamiento

El análisis de cada componente dentro de cada tratamiento (T0 y T1) muestra que las P1 y Vi tuvieron las TC más altas superando en un 26% y 29% a las TC de P2 y P3 en T0 y T1 respectivamente. A su vez entre P1 y Vi no hubieron diferencias y tampoco entre P2 y P3 indicando patrones de crecimiento de forraje similar (Cuadro 19).

3.2.2.3 Efecto del tratamiento por estación

En todos las estaciones del año el tratamiento **T1** superó al tratamiento **T0** y fue en otoño donde se registraron las diferencias más altas alcanzando el tratamiento T1 valores de TC un 170% por encima del tratamiento T0 , lo que indica el impacto en el manejo del pastoreo en las épocas más críticas de crecimiento del forraje. El análisis de las TC por tratamiento y por estación indican que la producción extra de T1 esta explicada en un 52% por la diferencia generada en el otoño entre T0 y T1 (1107 kg/ha MS) (Cuadro 20).

Cuadro 20. TC por tratamiento (T0: testigo y T1: control) y para cada estación del año (promedio total de forraje \pm desvío estándar).

	T0	T1
Otoño	7,0 \pm 3,9 ^{b, z}	19,3 \pm 4,3 ^{a, y}
Invierno	17,8 \pm 3,0 ^{b, y}	21,3 \pm 3,4 ^{a, y}
Primavera	33,4 \pm 2,5 ^{b, x}	39,6 \pm 2,9 ^{a, x}
Verano	39,7 \pm 4,0 ^{b, x}	43,5 \pm 4,2 ^{a, x}

a,b: letras diferentes en la misma columna muestran diferencias estadísticas ($P < 0,05$); x,y,z: letras diferentes en la misma fila muestran diferencias estadísticas ($P < 0,05$).

El período otoño registró para ambos tratamientos los menores valores de TC indicando un potencial de crecimiento de las pasturas significativamente menor con respecto al periodo primavera-verano. En el invierno las TC alcanzaron valores un 48% superior al otoño, indicando mejores condiciones de crecimiento y el establecimiento de la pastura.

Analizando la distribución de producción de forraje anual por período el Otoño-Invierno produjo el 29% del forraje total con respecto al 70,1 % producido en el período primavera - verano.

La dinámica de cosecha y el manejo del forraje remanente para las diferentes especies de la pastura podría en las diferentes estaciones del año y particularmente en el otoño, afectar positivamente la tasa de crecimiento y por lo tanto la producción de materia seca total posible de ser cosechada por los animales. Tal como indicaron Parsons y Chapman (2000) el estado residual de la pastura o condición inicial de rebrote afectan la tasa de crecimiento, lo que podría explicar que si bien en el otoño las TC fueron inferiores con respecto a la primavera ($13,2 \pm 3,7$ y $36,6 \pm 2,5$ respectivamente), el T1 permitió alcanzar una mejor condición de la pastura con un IAF mayor, mayor tasa de fotosíntesis neta y por lo tanto mayor TC.

Las medidas de manejo aplicadas permitieron controlar principalmente en el otoño las situaciones de sobrepastoreo. Tal como reporta Formoso (2009) los pastoreos frecuentes deprimen la producción total de forraje en más de un 40% indicando que las estrategias disponibles para aumentar la oferta de forraje otoñal deberían redirigirse a considerar el otoño como la estación más crítica del año desde el punto de vista de la oferta global del sistema.

Si bien durante la primavera las condiciones climáticas reducen la diferencia de producción de forraje entre tratamientos, la mayor producción de forraje otoñal permitiría una mayor utilización por los animales de la producción primaveral, controlando mejor los efectos de sombreado, dominancia apical y depresión radicular que provocan las excesivas acumulaciones de forraje en esa época. El manejo adecuado de la carga animal, en función de la oferta de forraje permitiría regular la productividad de la pastura, su persistencia y calidad productiva.

En nuestros sistemas de producción a pasturas, las mermas productivas de otoño frecuentemente comienzan a gestarse con el manejo estival de la pastura (excesiva intensidad y frecuencia de defoliación),

particularmente en veranos secos. Esto ha sido demostrado por Formoso (2009) quien indicó que, pastoreos frecuentes a la salida del verano y principios de otoño deprimieron la producción de forraje en más de un 40%. Principalmente el sobrepastoreo afectó en forma negativa la persistencia de la pastura, debido al agotamiento de reservas y en consecuencia una respuesta menor de rebrote luego del pastoreo. En dicho estudio esto fue demostrado considerando solamente una secuencia de pradera más un verdeo de invierno, donde el acortamiento de la rotación forrajera disminuyó la SEP disponible en verano-otoño provocando sobrepastoreo en una pradera de segundo año de Festuca, Trébol blanco y Lotus.

3.2.3 Estimación de la disponibilidad de forraje: Relación altura y disponibilidad

Un componente básico de la estimación de asignación de forraje es lograr una buena estimación de forraje disponible (Chilibroste *et al.*, 2003). De esta manera se buscó establecer relaciones entre disponibilidad de forraje y altura considerada un atributo de fácil determinación. En el Cuadro 21 se presentan las regresiones lineales para P1, P2 y P3.

Cuadro 21. Relaciones entre disponibilidad (Kg/ha MS) y altura (cm) del forraje ofrecido.

Componente	Ecuación de regresión
P1	Disp.= 353 + 90,47* altura; n= 65 ; R ² = 0,40 p<0,0001
P2	Disp. = 72,4 + 100,49* altura; n= 138 ; R ² = 0,55 p<0,0001
P3	Disp.= 34,4 + 95,2* altura; n= 26 ; R ² = 0,72 p<0,0001

n=n° de observaciones; R²= coeficiente de determinación

Las funciones de regresión tienen un coeficiente de determinación alto, a pesar de la variabilidad estacional y en tipo de pasturas analizadas. La

similitud de los coeficientes lineales (90-100 Kg MS por cm de altura) para las praderas es similar a los encontrados por Chilibroste *et al.* (2003).

3.2.4 Forraje desaparecido

Se estudió el efecto de la asignación de forraje (Kg MS/vaca/d), horas de acceso al pastoreo, disponibilidad (Kg/ha MS) y altura del forraje disponible (cm) sobre el forraje desaparecido (Kg MS ofrecido - Kg MS rechazados) por vaca . Estos factores en conjunto explicaron un 75 % de la variación observada en el forraje desaparecido de acuerdo a la ecuación que sigue:

$$\text{Kg MS desaparecido/v/d} = - 3,79 + 0,51*AF + 0,14* \text{ horas de pastoreo} + 0,10* \text{ altura en cm} + 0,002* \text{ kg MS /ha} \quad n=210 \quad R^2=0,75$$

El Cuadro 22 resume el orden de las variables que ingresaron a la ecuación (método Stepwise SAS, 2010), el coeficiente de determinación parcial y total (R^2) para cada una de las variables significativas en el modelo.

Cuadro 22. Resumen de la selección de variables que participaron en el modelo de regresión múltiple por método de selección *stepwise* (SAS, 2010).

Variable	R ² parcial	R ²	P>F
AF (Kg MS/vaca/d)	0,70	0,70	p<0,0001
Disponibilidad	0,0379	0,7391	p<0,0001
Horas pastoreo	0,0042	0,7433	0,0681
Altura disponible (cm)	0,0036	0,7469	0,0886

La asignación de forraje fue la variable individual más fuertemente relacionada con el forraje desaparecido explicando el 70% de la variabilidad observada. . Estos resultados concuerdan con los encontrados por Peyraud *et al.* (1996) demostrando que si bien el consumo individual de las vacas está mayormente afectado por la asignación de la pastura, la estructura original de la pastura (masa y altura de forraje previo al pastoreo) afecta la tasa de consumo, la eficiencia de utilización y el CMS total. La alta asociación entre AF y forraje desaparecido convierten a la AF en un indicador útil para el manejo de los sistemas pastoriles de producción de leche.

4 CONCLUSIONES

Se confirma que en predios lecheros que tienen estructuralmente un esquema de rotación corto con una menor proporción del tiempo en porcentaje bajo pastura y con fallas en la implementación del inicio de la fase pastura o Verdeo de invierno, tuvieron una menor SEP durante el otoño-invierno.

El manejo y planificación temprana de la fecha de siembra de las praderas y verdes permitió disponer de mayor SEP en otoño - invierno y el inicio de los pastoreos tempranos en el otoño.

El control de la intensidad de defoliación determinando los valores de entrada y salida del pastoreo en función de la disponibilidad y altura del forraje disponible permitió una producción adicional anual de 2336 kg/ha MS. El mayor impacto de estas medidas fue en el otoño que explicó el 52% del incremento total.

El 75% del forraje desaparecido por VO fue explicado por la asignación de forraje, el tiempo de acceso a la pastura, la disponibilidad y altura de la pastura.

La alta asociación observada entre AF y forraje desaparecido (> 70 %) permite ubicar a este parámetro como un parámetro crítico en el manejo de la alimentación en general y de las pasturas en particular en los sistemas pastoriles de producción de leche.

5 BIBLIOGRAFÍA

- Astigarraga L. 2004. Desafíos técnicos de la intensificación. En: CIPIL (Comisión Inter CREA de Producción Intensiva de Leche). “Intensificación en lechería: La alternativa rentable” FPTA N°101: Validación de una Propuesta de intensificación de la producción de leche para incrementar el resultado económico de las empresas lecheras. Montevideo, Uruguay, pp 33-58.
- Ayala W, Bemhaja M, Cotro B, Docanto J, García J, Olmos F, Real D, Rebuffo M, Reyno R, Rossi C, Silva J. 2010. Forrajeras catálogo de cultivares 2010. INIA. En línea: 15 de mayo de 2015. Disponible en: <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429300810155513.pdf>
- Berretta E, Guerra J. y De Mattos D. 1993. Registros físicos en la producción pecuaria. Unidad de Difusión e Información Tecnológica, INIA. Montevideo, Uruguay. Serie Técnica 39. 28p.
- Briske D. 1996. Strategies of plant survival in grazed systems: a functional interpretation. En: Hodgson, J y Illius, A,W. (Eds.) The ecology and management of grazing systems. Wallingford. CAB International. pp 37-67.
- Brougham RW. 1960. The effects of frequent hard grazing at different times of the year on the productivity and species yield of a grass clover pasture. New Zealand Journal of Agricultural Research, 3:1, 125-136.
- Chapman DF, Lemaire G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: International Grassland Congress (17th.,1993, Palmerston). Proceedings. Wellington, SIR, pp.95-104.
- Chilibroste P, Gibb MJ, Soca P, Mattiauda DA. 2015. Behavioural adaptation of grazing dairy cows to changes in feeding management: do they follow a predictable pattern? Animal Production Science 55: 328– 338.

- Chilibroste P, 2014. Los sistemas de producción de leche en Uruguay ¿se están preparando para los nuevos escenarios? Foro INALE, Montevideo, Uruguay. Tendencias y desafíos de la lechería mundial. INALE. En línea: 15 de mayo, 2015. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=V4L9_jC xQL0
- Chilibroste P, Battezzato G. 2014. Proyecto de Producción Competitiva. Montevideo, Uruguay. Informe técnico CONAPROLE, pp.1-31.
- Chilibroste P, Mattiauda DA, Bentancur O; Soca P, Meikle A. 2012. Effect of herbage allowance on grazing behaviour and productive performance of early lactation primiparous Holstein cows. *Animal Feed Science and Technology* 173: 201– 209.
- Chilibroste P, Soca P, Mattiauda DA. 2011. Balance entre oferta y demanda de nutrientes en sistemas pastoriles de producción de leche: potencial de intervención al inicio de la lactancia. En: XV Congreso Latinoamericano de Buiatría – XXXIX Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú, Uruguay. P 91-96.
- Chilibroste P, Soca P, Bentancur O, Mattiauda DA. 2010. Estudio de la conducta en pastoreo de vacas Holando de alta producción: síntesis de 10 años de investigación sobre relación planta animal suplemento en la Facultad de Agronomía-EEMAC Agrociencia Uruguay, 3:101– 106
- Chilibroste P, Gibb M, Tamming S. 2005. Pasture characteristics and animal performance. In: Dijkstra JM, Forbes JM and France J (Eds.) *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*, Chapter 26, 681–705.
- Chilibroste P, Mattiauda D, Elizondo F, Coster A. 2004. Herbage allowance and grazing session allocation of dairy cows: effects on milk production and composition. In: II Symposium on “Grassland and Ecophysiology and Grazing Ecology”. 11 al 14 Octubre de 2004. Curitiba, Paraná, Brazil. CD.

- Chilibroste P, Ibarra D, Zibil S, Laborde D. 2003. Proyecto Alimentación Reproducción CONAPROLE 2002. Informe final. En: Área Producción Lechera y RR.CC. Montevideo, Uruguay.
- Curran J, Delaby.L, Kennedy K, Murphy J.P, Boland T.M, O'Donovan M. 2010. *Livestock Science* 127: 144-154
- Davies A. 1988. The regrowth of grass swards. En: Jones, M.B, Lazenby, A. (Eds.). *The grass crop*. London. Chapman & Hall,. 85-127.
- Delagarde R, O'Donovan M. 2005. Modelling of herbage intake and milk production by grazing dairy cows. En: *Utilization of grazed grass in temperate animal systems*. Proc Satellite Workshop 20th International Grassland Cong. Pp. 89-104.
- Díaz Rossello R, Durán H. 2011. Secuestro de carbono en suelos de sistemas agrícola lecheros mixtos en Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, Montevideo, v. 15, n. 2, pp. 109-119.
- DIEA, Estadísticas Agropecuarias. 2014. Estadísticas del sector lácteo 2013. Serie de Trabajos Especiales N° 324. pp. 1-44. En línea: 15 de mayo, 2015. Disponible en: http://www.google.com.uy/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CCcQFjACahUKEwjexc6UtKLHAhXEKh4KHSewAJY&url=http%3A%2F%2Fwww.mgap.gub.uy%2Fportal%2Ffiledownload.aspx%3F2%2C5%2C104%2CO%2CS%2C0%2C9878%253BS%253B2%253B26%2C&ei=UqPKVd7UBsTVeKfggrAJ&usg=AFQjCNEydSwCDG6NO6eYhLUnbFA5ad7fpg&sig2=mxihwpsxNliLgj6DwE_aCw&bvm=bv.99804247,d.dmo
- Dillon P, Garnsworthy PC, Wiseman J. 2009. "Practical aspects of feeding grass to dairy cows." Recent advances in animal nutrition, 2009, 43rd University of Nottingham Feed Conference, Sutton Bonington, UK, 8-10 September. Nottingham University Press, 2010.
- Dillon P, Roche J.R, Shalloo L, Horan B. 2005. Optimising Financial Return from Grazing in Temperate Pastures. *Utilization of Grass in Temperate Animal Systems*. En: Murphy, J.J. (Ed.). *Proceedings of a Satellite Workshop of the XXth International Grassland Congress*,

- Cork, Ireland. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands. pp. 131-148.
- Durán H. 2008. Rotaciones forrajeras para producción de leche. Como incrementar la producción de leche en invierno. INIA La Estanzuela, Uruguay. Serie Actividades de difusión N° 529, pp.5-8.
- Durán H, La Manna A. 2009. Criterios para rehacer las rotaciones forrajeras en el tambo. INIA La Estanzuela, Uruguay. Revista INIA N° 17, 48-50.
- Durán H, La Manna A, Acosta Y, Mieres J. 2010. "Propuestas validadas de INIA sobre alternativas para incrementar la producción de leche y/o sólidos por hectárea en forma rentable." *Agrociencia Uruguay*, 14(3): 96-100.
- Ernst O, Zibil S. 2003. Uso del suelo en los sistemas de producción lechera de la cuenca sur. Informe final FPTA INIA-UDELAR, Montevideo, Uruguay. 155, pp. 45-59.
- Forbes JM. 1988. The prediction of voluntary intake of dairy cows. En: Garnsworthy P.C. (ed.). *Nutrition and lactation in the dairy cow*. London, United Kingdom. Chapter 17, pp. 294-312.
- Forbes TDA, Hodgson J. 1985. Comparative studies of the influence of sward condition on the ingestive behaviour of cows and sheep. *Grass Forrage Science* 40:69-77.
- Formoso F. 2009. Aspectos a considerar para mejorar la producción y utilización de forraje durante otoño e invierno. INIA La Estanzuela, Uruguay. Revista INIA N° 17:41-47.
- Formoso F. 2008. Principales variables a considerar para aumentar la eficiencia de la producción y utilización de forraje, especialmente durante otoño e invierno. INIA La Estanzuela, Uruguay. Serie Actividades de Difusión 532:1-20.
- Formoso F. 2005. Eficiencia de la producción y utilización de forraje en otoño e invierno. Jornada Producción Animal Intensiva. INIA La Estanzuela, Uruguay. Serie Actividades de Difusión 406: 59-66.

- Ganche E, O'Donovan M, Delaby L, Boland TM, Kennedy E. 2014. Does post-grazing sward height influence sward characteristics, seasonal herbage dry-matter and herbage quality? *Grass and Forage Science* 70:130-143.
- García J. 1995. Estructura del tapiz de praderas. INIA La Estanzuela, Uruguay. Serie Técnica N°66. 14p.
- García S, Fariña S. 2010. ¿Hasta dónde intensificar en sistemas “extensivos” de producción de leche? Parte 1 y 2. Manejo de pasturas y suplementación. XXXVIII Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, Uruguay. pp. 52-59.
- Gutiérrez F, Zarza R, Rossi C. 2014. Producción forrajera en sistemas intensivos de producción de leche. Las bases de la competitividad en lechería. Destacados INIA La Estanzuela. En línea: 15 de mayo de 2015. Disponible en: <http://destacados.inia.org.uy/images/pres/015eh22z22w0sq9w1z2z.pdf>.
- Haydock KP, Shaw NH. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 15: 663-670.
- Leborgne R. 1983. Antecedentes técnicos y metodología para presupuestación en establecimientos lecheros. Informe de campo. Proyecto URU/78/004. Ed. Agropecuaria. Hemisferio Sur. Montevideo-Uruguay.
- Lemaire G, Agnusdei M. 2000. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. En: Lemaire, G ; Hodgson, J ; de Moraes, A Carvalho, P.C. de F; Nabinger, C. (Eds.) *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. (2000. Wallingsford, UK). CABI Publishing. pp. 265-288.
- Macdonald KA, Penno JW, Lancaster JAS, Roche JR. 2008. Effect of stocking rate on pasture production, milk production and reproduction of dairy cows in pasture-based systems. *J Dairy Sci* 91:2151-2163.
- Mattiauda DA, Chilibroste P, Bentancur O, Soca P. 2009. Intensidad de pastoreo y utilización de pasturas perennes en sistemas de

producción de leche: que niveles de producción permite y que problemas contribuye a solucionar? XXXVII Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, Uruguay. pp. 96-103.

Mayne CS, Wright IA, Fisher GEJ. 2000. Grassland Management under grazing and animal response. En: Hopkins, A. (Ed.). BBSRC Institute of Grassland and Environmental Research. Devon, UK. Grass: Its production & utilization. Proceedings of the British Grassland Society. pp. 247-286.

McGilloway DA, Cushnahan A, Laidlaw AS, Maine CS, Kilpatrick DJ. 1999. The relationship between level of sward height reduction in a rotationally grassed swards and short-term intake rates of dairy cows. Grass and Forage Science, 54:116-126.

O'Donovan M, Dillon P, Rath M, Stakelum G. 2002. A comparison of four methods of herbage mass estimation. Irisdh Journal of Agricultural and Food Research 41:17-27.

O'Donovan M, Delaby L. 2008. Sward characteristics, grass dry matter intake and milk production performance is affected by timing of spring grazing and subsequent stocking rate. Livestock Science 115: 158-168.

Parga J. 2006. Aspectos claves a considerar en el manejo de pastoreo con vacas lecheras sobre praderas permanentes. En línea: 15 de mayo de 2015. Disponible: <http://www.inia.cl/quilamapu/inproleche/articulos/manejo%20de%20pastoreo.pdf>.

Parga J, Peyraud JL, Delagarde R. 2000. Effect of sward structure and herbage allowance on herbage intake and digestion by strip-grazing dairy cows. En: Rook, A.J and Penning, P.D (Eds.). Grazing management: the principles and practice of grazing, for profit and environmental gain, within temperate grassland systems. BBSRC Institute of Grassland and Environmental Research. Devon, UK. Proceedings of the British Grassland Society Conference, pp. 61-66.

- Parsons AJ, Chapman DF. 2000. The principles of pasture Growth and Utilization. En: Hopkins, A. (Ed.) BBSRC Institute of Grassland and Environmental Research. Devon, UK. Grass: Its production & utilization. Proceedings of the British Grassland Society. pp. 31-79.
- Parsons AJ, Harvey A, Woledge J. 1991. Plant/animal interactions in continuously grazed mixtures: 1. Differences in the physiology of leaf expansion and the fate of leaves of grass and clover. *J App Ecology*, 28:619-634.
- Parsons AJ. 1988. The effect of season and management on the growth of grass swards. En: The grass crop. The physiological basis of production. Springer, Netherlands. pp. 129-177.
- Parsons AJ, Penning PD. 1988. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. *Grass and Forage Science* 43: 15-27.
- Pérez-Prieto LA, Delagarde R. 2012. Meta-analysis of the effect of pregrazing pasture on pasture intake, milk production and grazing behavior of dairy cows strip-grazing temperate grassland. *J Dairy Sci* 95:5317-5330.
- Peyraud JL, Delagarde R. 2013. Managing variations in dairy cow nutrient supply under grazing. *Animal* 7:57-67.
- Peyraud JL, Comeron EA, Wade MH, Lemaire G. 1996. The effect of daily herbage allowance, herbage mass and animal factors upon herbage intake by grazing dairy cows. *Ann. Zootech.* 45:201-217.
- Prache S, Peyraud JL. 1997. Préhensibilité de l'herbe chez les bovins et les ovins. *INRA Prod Anim*, 10:377-390.
- Richards, J. H. 1993. Physiology of plants recovering from defoliation. Proceedings of the XVII international grassland congress. Wellington, New Zealand: SIR Publishing, pp. 85-94.
- Rook AJ. 2000. Principles of foraging and grazing behavior. En: Hopkins, A. (Ed.). BBSRC Institute of Grassland and Environmental Research.

- Devon, UK. Grass: Its production & utilization. Proceedings of the British Grassland Society. pp. 229-246.
- Rossi JL, García SC. 2006. ¿Cuál es el piso de la producción pastoril? Buenos Aires, Argentina. Desarrollo argentino N° 129:51-53. En línea: 15 de mayo, 2015. Disponible en: [http://www.agro.uba.ar/sites/default/files/catedras/piso .pdf](http://www.agro.uba.ar/sites/default/files/catedras/piso.pdf)
- SAS. 2010. Institute Inc. SAS/STAT. User's guide, Carey, North Caroline, USA.
- Silbermann A, Mendoza A, Chilbroste P. 2005. Capacidad de carga en establecimientos lecheros durante el período otoño-invernal. Revista Cangüe N° 27, Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni", Facultad de Agronomía, UDELAR, Paysandú, Uruguay. pp. 38-42.
- Virkajärvi P, Sairanen J, Nousiainen JI, Khalili H. 2002. Effect of herbage allowance on pasture utilization, regrowth and yield of dairy cows in early, mid and late season. Animal Feed Science and Technology 97:23-40.
- Wade MH, Carvalho PCF. 2000. Defoliation patterns and herbage intake on pastures. In: Lemaire, G; Hodgson, J; de Moraes, A; Carvalho PC de F; Nabinger, C (Eds.) Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology (2000. Wallingford, UK). CABI Publishing. Pp 233-248.
- Wales, WJ, Stockdale CR, and Doyle PT. 2005. "Plant and sward characteristics to achieve high intake in ruminants." Utilisation of grazed grass in temperate animal systems: proceedings of a satellite workshop of the XXth International Grassland Congress, Cork, Ireland. JJ Murphy (Ed). Wageningen, Netherland. Wageningen Academic Publishers, pp 37: 48.
- Watkin VR, Clements RJ. 1978. The effects of grazing animal son pastures. En: Wilson, J.R. (Ed.). Plant relations in pastures. CSIRO, Australia. pp. 273-289.
- Wims CM, Delaby L, Boland TM, O'Donovan M. 2014. Effect of pre-grazing herbage mass on dairy cow performance, grass dry matter production

and output from perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) pastures. *Animal* 8:1 pp. 141-151.

Zanoniani R. 2010. Estado actual del conocimiento en producción de pasturas, brecha tecnológica. *Agrociencia Uruguay*, 14(3): 26-30.

Zanoniani R, Boggiano P. 2006. Efecto de la intensidad de pastoreo en la productividad de cultivares de *rye-grass*. XXII Congreso del Grupo *Campos*, Pelotas, RS, Brasil.

