

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA
SOBRE LA PRODUCTIVIDAD INVIERNO PRIMAVERAL
DE UN CAMPO NATURAL DEL LITORAL**

por

**Fernanda LARRATEA LÓPEZ
Juan Pablo SOUTTO PEREZ**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2013**

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. (PhD) Pablo Boggiano

Ing. Agr.(MsC) Ramiro Zanoniani

Ing. Agr. (PhD) Mónica Cadenazzi

Ing. Agr. Daniel Formoso

Fecha:

23 de septiembre del 2013

Autores:

Fernanda Larratea López

Juan Pablo Soutto Pérez

AGRADECIMIENTOS

Gracias a nuestras familias y amigos por el apoyo continuo y verdadero, a los profesores por la atención y conocimientos enseñados, a personal de facultad de Agronomía que aportaron al desarrollo de la tesis y a la institución en general por brindarnos las herramientas para el conocimiento.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS GENERALES.....	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 CARACTERIZACIÓN DEL ECOSISTEMA PASTORIL.....	4
2.2 EFECTO DEL PASTOREO.....	6
2.2.1 <u>Efecto de la intensidad de pastoreo sobre la producción de forraje</u>	6
2.2.2 <u>Efecto de la intensidad de pastoreo sobre características morfogénicas</u>	12
2.2.3 <u>Efecto de la intensidad de pastoreo sobre la composición botánica</u>	15
2.2.4 <u>Efecto de la intensidad de pastoreo sobre los requerimientos de nitrógeno de la planta</u>	18
2.2.5 <u>Efecto de la intensidad de pastoreo sobre la producción animal</u>	19
2.3 EFECTO DEL NITRÓGENO.....	20
2.3.1 <u>Efecto del nitrógeno sobre la producción de forraje</u>	20
2.3.2 <u>Efecto del nitrógeno sobre características morfogénicas</u>	26
2.3.3 <u>Efecto del nitrógeno sobre la composición botánica</u>	29
2.3.4 <u>Eficiencia de utilización del nitrógeno</u>	34
2.3.5 <u>Efecto del nitrógeno sobre la producción animal</u>	35
2.4 INTERACCIÓN NITRÓGENO-INTENSIDAD DE PASTOREO.....	36
2.5 FLUJO DE ENERGÍA.....	39
2.5.1 <u>Efecto de la disponibilidad de nutrientes en la utilización de radiación para la formación de biomasa</u>	42
2.6 DETERMINACIONES DE LOS NIVELES DE NITRÓGENO Y OFERTAS DE FORRAJE EXPERIMENTALES.....	43
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	44
3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES.....	44
3.1.1 <u>Localización y período de evaluación</u>	44
3.1.2 <u>Información meteorológica</u>	44

3.1.3	<u>Descripción del sitio experimental</u>	45
3.1.3.1	Suelos.....	46
3.1.3.2	Vegetación.....	46
3.1.4	<u>Antecedentes del potrero</u>	46
3.1.5	<u>Animales</u>	47
3.1.6	<u>Tratamientos</u>	47
3.1.6.1	Metodología.....	47
3.1.7	<u>Diseño experimental</u>	47
3.2	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	48
3.2.1	<u>Manejo experimental</u>	48
3.2.2	<u>Determinaciones en la pastura</u>	49
3.2.2.1	Estimación de la tasa de crecimiento del forraje.....	49
3.2.2.2	Estimación de la materia seca presente.....	50
3.2.2.3	Estimación de la materia seca disponible.....	51
3.2.2.4	Estimación de la materia seca desaparecida.....	51
3.2.2.5	Porcentaje de materia seca desaparecida.....	51
3.2.3	<u>Determinaciones en los animales</u>	52
3.2.3.1	Carga.....	52
3.2.3.2	Unidades ganaderas por hectárea.....	52
3.2.3.3	Ganancia por animal.....	52
3.2.3.4	Ganancia por hectárea.....	53
3.2.4	<u>Determinación de la oferta de forraje</u>	53
3.2.5	<u>Calidad del forraje consumido por los animales</u>	53
3.2.6	<u>Evaluación indirecta de la productividad de la pastura</u>	54
3.2.7	<u>Determinación de la composición botánica</u>	54
3.3	HIPÓTESIS.....	55
3.3.1	<u>Hipótesis biológica</u>	55
3.3.2	<u>Hipótesis estadística</u>	55
3.4	MODELO ESTADÍSTICO.....	55
3.4.1	<u>Análisis estadístico</u>	55
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	57
4.1	CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA.....	57
4.1.1	<u>Temperatura</u>	57
4.1.2	<u>Precipitación</u>	58
4.1.3	<u>Evolución de la temperatura media y el agua en el suelo</u>	59
4.2	ANÁLISIS DEL PERÍODO TOTAL.....	61
4.2.1	<u>Variables de la pastura</u>	61
4.2.2	<u>Variables animales</u>	62
4.3	ANÁLISIS ESTACIONAL.....	63
4.3.1	<u>Variables de la pastura</u>	63
4.3.1.1	Efecto del nitrógeno.....	63

4.3.1.2 Efecto del nitrógeno en los períodos del invierno y primavera.....	64
4.3.1.3 Efecto de la estación.....	67
4.3.1.4 Efecto del período dentro de las estaciones invierno y primavera.....	69
4.3.1.5 Efecto de la interacción estación por nitrógeno.....	70
4.3.2. <u>Variables animales</u>	72
4.3.2.1 Efecto del nitrógeno.....	72
4.3.2.2 Efecto del nitrógeno en los períodos del invierno y primavera.....	74
4.3.2.3 Efecto de la estación.....	75
4.3.2.4 Efecto período dentro de las estaciones invierno y primavera.....	79
4.3.2.5 Efecto de la interacción estación por nitrógeno.....	80
4.3.2.6 Efecto de la interacción período de estudio por nitrógeno dentro de la estación invernal.....	81
4.4 ANÁLISIS POR PERÍODO DE VALUACIÓN.....	82
4.4.1 <u>Variables de la pastura</u>	82
4.4.1.1 Efecto del nitrógeno.....	82
4.4.1.2 Efecto del período.....	83
4.4.1.5 Efecto de la interacción período por nitrógeno.....	98
4.4.2. <u>Variables animales</u>	98
4.4.2.1 Efecto del nitrógeno.....	98
4.4.2.2 Efecto del período.....	100
4.4.2.3 Efecto de la interacción período de estudio por nitrógeno.....	101
4.5 PRODUCCIÓN DE PESO VIVO.....	103
4.6 ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA.....	106
4.7. EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE EL FLUJO Y EFICIENCIA DE TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA...	113
4.8 CONSIDERACIONES FINALES.....	115
5. <u>CONCLUSIONES</u>	118
6. <u>RESUMEN</u>	119
7. <u>SUMMARY</u>	121
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	123
9. <u>ANEXOS</u>	141

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.		Página
1.	Análisis de suelo.....	45
2.	Efecto del nitrógeno sobre las variables de la pastura para el período total de estudio, materia seca presente (MSP), materia seca disponible (MSdis), materia seca desaparecida (MSdes), materia seca desaparecida como porcentaje de la MSdis (MSdes%), producción total (Prod tot) y tasa de crecimiento (TC).....	61
3.	Efecto del nitrógeno sobre las variables animales para el período total de estudio Carga (kg/PV/ha), unidades ganaderas (UG), oferta de forraje (OF), ganancia por hectárea (g/ha) y ganancia por animal (g/a).....	62
4.	Efecto del nitrógeno para un período de la estación promedio en las variables de la pastura, materia seca presente (MSP), materia seca disponible (MSdis), materia seca desaparecida (MSdes), materia seca desaparecida como porcentaje de la MSdis (MSdes%), producción total (Prod tot) y tasa de crecimiento (TC).....	63
5.	Efecto del nitrógeno para un período promedio del invierno en las variables de la pastura, materia seca presente (MSP), materia seca disponible (MSdis), materia seca desaparecida (MSdes), materia seca desaparecida como porcentaje de la MSdis (MSdes%), producción total (Prod tot) y tasa de crecimiento (TC).....	65
6.	Efecto del nitrógeno para un período promedio de primavera en las variables de la pastura, materia seca presente (MSP), materia seca disponible (MSdis), materia seca desaparecida (MSdes), materia seca desaparecida como porcentaje de la MSdis (MSdes%), producción total (Prod tot) y tasa de crecimiento (TC).....	66

7.	Efecto estación, como período promedio sobre las variables de la pastura, materia seca presente (MSP), materia seca disponible (MSdis), materia seca desaparecida (MSdes), materia seca desaparecida como porcentaje de la MSdis (MSdes%), producción total (Prod tot) y tasa de crecimiento (TC).....	67
8.	Efecto período dentro de la estación invernal para las variables de la pastura, materia seca presente (MSP), materia seca disponible (MSdis), materia seca desaparecida (MSdes), materia seca desaparecida como porcentaje de la MSdis (MSdes%), producción total (Prod tot) y tasa de crecimiento (TC).....	69
9.	Efecto período dentro de la estación primaveral para las variables de la pastura, materia seca presente (MSP), materia seca disponible (MSdis), materia seca desaparecida (MSdes), materia seca desaparecida como porcentaje de la MSdis (MSdes%), producción total (Prod tot) y tasa de crecimiento (TC).....	69
10.	Efecto estacional de la interacción periodo por nitrógeno en producción total (Prod tot) y tasa de crecimiento (TC).....	71
11.	Efecto estacional del nitrógeno en las variables carga (kg/PV/ha), unidades ganaderas (UG), oferta de forraje (OF), ganancia por hectárea (g/ha) y ganancia por animal (g/a).....	72
12.	Efecto del nivel de nitrógeno en el contenido porcentual de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) de la MSP.....	73
13.	Efecto del nitrógeno dentro de la estación invernal para las variables animales carga (kg/PV/ha), unidades ganaderas (UG), oferta de forraje (OF), ganancia por hectárea (g/ha) y ganancia por animal (g/a).....	74
14.	Efecto del nitrógeno dentro de la estación primaveral para las variables animales carga (kg/PV/ha), unidades ganaderas (UG), oferta de forraje (OF), ganancia por hectárea (g/ha) y ganancia por animal (g/a).....	75

15.	Efecto estacional sobre las variables animales carga (kg/PV/ha), unidades ganaderas (UG), oferta de forraje (OF), ganancia por hectárea (g/ha) y ganancia por animal (g/a).....	75
16.	Efecto estacional en el contenido porcentual de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) de la MSP.....	77
17.	Efecto período dentro de la estación invernal para las variables animales carga (kg/PV/ha), unidades ganaderas (UG), oferta de forraje (OF), ganancia por hectárea (g/ha), ganancia por animal (g/a) y ganancia total (GT).....	79
18.	Efecto período dentro de la estación primaveral para las variables animales carga (kg/PV/ha), unidades ganaderas (UG), oferta de forraje (OF), ganancia por hectárea (g/ha), ganancia por animal (g/a) y ganancia total (GT).....	80
19.	Efecto de la interacción período de estudio por nitrógeno dentro de la estación invernal para las variables animales ganancia por hectárea (kg/ha/día), ganancia por animal (kg/a/día) y ganancia total (GT).....	81
20.	Efecto del nitrógeno en el período promedio sobre las variables de la pastura, materia seca presente (MSP), materia seca disponible (MSdis), materia seca desaparecida (MSdes), materia seca desaparecida como porcentaje de la MSdis (MSdes%), producción total (Prod tot) y tasa de crecimiento (TC).....	82
21.	Efecto del período en las variables de la pastura, materia seca presente (MSP), producción total (Prod tot) y tasa de crecimiento (TC).....	95
22.	Efecto del nitrógeno en el período promedio sobre las variables animales carga (kg/PV/ha), unidades ganaderas (UG), oferta de forraje (OF), ganancia por hectárea (g/ha) y ganancia por animal (g/a).....	98

23.	Efecto del período en las variables animales carga (kg/PV/ha), unidades ganaderas (UG), oferta de forraje (OF), ganancia por hectárea (g/ha) y ganancia por animal (g/a).....	100
24.	Producción de peso vivo por hectárea (kg/ha) por parcela y por tratamiento en invierno, primavera y total).....	104
25.	Ganancias individuales promedio por parcela en las estaciones invierno y primavera	105
26.	Carga promedio (PV kg/ha) en cada parcela en invierno y Primavera	106
27.	Correlaciones de los componentes principales 1 y 2 con las variables originales, gramíneas perennes estivales (GPE), gramíneas perennes invernales (GPI), hierbas perennes estivales (HPE), hierbas perennes invernales (HPI), gramíneas anuales invernales (GAI), hierbas anuales invernales (HAI), valor pastoral (VP), crecimiento de materia seca por ha (CRHA), ganancia por ha (GHA), % de proteína cruda (PC), % de fibra detergente ácido (FDA).....	108
28.	Correlaciones de los componentes principales 1 y 2 con las variables originales, gramíneas estivales (GE), gramíneas invernales (GI), hierbas menores (HM), malezas de campo sucio (MCS) y material muerto (MM).....	112
29.	Flujo y eficiencia de transformación de la energía.....	113
30.	Efecto de la intensidad de pastoreo sobre el flujo y eficiencia de transformación de energía en una pastura natural del sur de Brasil...	114

Figura No.

1.	Croquis de la disposición de los bloques y tratamientos del diseño experimental.....	48
2.	Temperaturas máximas, mínimas y medias entre mayo y diciembre de 2012 y medias de los mismos meses para el período 1980-2009.....	57
3.	Precipitaciones acumuladas mensuales e históricas (1980-2009) en Milímetros.....	58
4.	Evolución del agua disponible en el suelo y temperatura media para el período en evaluación.....	59
5.	Evolución del material muerto para cada parcela (P1 y P4 con N114, P2 y P3 con N60) en todo el período evaluado.....	78
6.	Evolución de la altura del tapiz y OF de cada parcela (P1 y P4 con N114, P2 y P3 con N60) en todo el período de estudio.....	83
7.	Evolución del porcentaje de suelo desnudo para cada parcela (P1 y P4 con N114, P2 y P3 con N60) en todo el período de estudio.....	85
8.	Evolución del porcentaje de cardos, hierbas enanas y menores en la MS presente por parcela (P1 y P4 con N114, P2 y P3 con N60) para el período de estudio.....	86
9.	Evolución de la relación Kg de materia seca presente/cm para cada parcela (P1 y P4 con N114, P2 y P3 con N60) en el período de estudio.....	87
10.	Relación entre altura del tapiz y kg/ha de MS presente.....	88
11.	Porcentaje de materia seca de la materia seca presente.....	89
12.	Contribución en % a la materia seca presente de gramíneas estivales (GE), gramíneas invernales (GI) y material muerto (MM) para cada nivel de fertilización	91

13.	Contribución a la materia seca presente de <i>Paspalum notatum</i> en kg/ha como porcentaje de la misma en los períodos estudiados para cada nivel de fertilización.....	93
14.	Efecto del período en las variables de la pastura, materia seca Disponible (MSdis), materia seca desaparecida (MSdes), materia seca desaparecida como porcentaje de la MSdis (MSdes%) y en las ofertas de forraje (%PV).....	94
15.	Evolución de la tasa de crecimiento por período de estudio según nivel de fertilización.....	97
16.	Evolución del peso vivo/ha y la oferta de forraje por tratamiento en los períodos de estudio.....	99
17.	Relación entre la ganancia diaria por hectárea y por animal (G/ha/d y g/an/día respectivamente) con la oferta de forraje (kgMS/100kgPV/día).....	102
18.	Biplot de grupos de especies y tratamientos por parcela resultado de un ACP. Nitrógeno 60 Kg/ha (N1), Nitrógeno 114 Kg/ha(N2), parcela 1 (P1), parcela 2 (P2), parcela 3 (P3), parcela 4 (P4), % de proteína cruda (PC), % de fibra detergente ácido (FDA), crecimiento de materia seca por ha (CRHA), gramíneas perennes invernales (GPI), gramíneas perennes estivales (GPE), gramíneas anuales invernales (GAI), hierbas perennes invernales (HPI), hierbas perennes estivales (HPE), hierbas anuales invernales (HAI), valor pastoral (VP), ganancia por ha (GHA).....	107
19.	Biplot de grupos de especies, hierbas menores (HM), malezas de campo sucio (MCS), gramíneas invernales (GI), material muerto (MM), gramíneas estivales (GE), y tratamientos (114 y 60) por período(1, 2, 3, 4, 5, 6) resultado de un ACP.....	111

1. INTRODUCCIÓN

El campo natural constituye el principal recurso forrajero del país, ocupando aproximadamente el 71% del área forrajera en las explotaciones ganaderas extensivas (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2012).

Se define el campo natural como una cobertura vegetal formada por gramíneas (Berretta y do Nascimento, 1991), con dominancia de especies tipo C4 principalmente y escasas C3 (Berretta et al., 1998); plantas herbáceas y subarbustivas, donde los árboles son raros (Berretta y do Nascimento, 1991b), a las que aparecen asociadas leguminosas y graminoides (Millot et al., 1987).

A pesar de la gran diversidad florística entre suelos y zonas del Uruguay, existen características comunes a las pasturas naturales: a) baja proporción de leguminosas, b) relaciones de gramíneas invernales y estivales, que favorecen generalmente a las segundas (Carámbula, 1997), c) los suelos en los cuales crecen son moderadamente ácidos y poseen contenidos bajos de nutrientes, limitando seriamente su productividad en los períodos de baja actividad biológica (Zanoniani et al., 2011).

Esto lleva a una gran estacionalidad de la producción y si bien en los suelos más fértiles y profundos hay una mejor producción de forraje invernal, de todas maneras esta limita en todos los casos el comportamiento animal (Carámbula, 1996). La selectividad de los animales en pastoreo, las temperaturas bajas en invierno que limitan el crecimiento de las C4 y el crecimiento de la pastura en primavera-verano que representa el 60-85% de la producción total anual, provocan una acumulación de forraje hacia la estación fría que limita el crecimiento de los pastos invernales y también limita el suministro de alimento de calidad durante el invierno (Maraschin, 2001). Por otro lado, el pastoreo con una carga constante de ovinos, bovinos y equinos, ha

provocado degradación y la consecuente disminución de la productividad de las pasturas naturales fundamentalmente en invierno (Zanoniani et al., 2011) y la aparición de un alto número de malezas (Carámbula, 1996).

Estas características determinan una escasa productividad invernal, en promedio 4,4 kg MS/ha/día (Boggiano et al., 2005), y baja calidad de forraje ofrecido en primavera-verano (digestibilidad <60%) (Deregibus, citado por Maraschin, 2001).

Esta situación determina que el punto de partida para mejorar la productividad del ecosistema pastoril pase indefectiblemente por un ajuste de la carga animal, restringida por la productividad de forraje otoño invernal (Milot, 1991). Uno de los factores fundamentales en este sentido, es la mejora de la base forrajera a partir del campo natural, que continua siendo el componente principal de la dieta de ovinos y vacunos (Berretta et al., 1998).

Según Mazzantti et al. (1997) la baja disponibilidad de formas asimilables de nitrógeno limita el crecimiento invernal de especies nativas con potencial de crecimiento en las condiciones de bajas temperaturas invernales.

El uso de la fertilización nitrogenada como forma de aumentar la producción invernal de las pasturas naturales cuenta con varios antecedentes nacionales siendo que los resultados varían con la proporción de especies invernales presentes en las pasturas y la intensidad de defoliación.

1.1 OBJETIVOS GENERALES

El objetivo general del presente trabajo es evaluar la respuesta invierno-primaveral de una pastura natural del litoral fertilizada con nitrógeno, bajo pastoreo continuo, manejada por asignación de forraje variable según la estación en:

- producción de forraje
- evolución de la composición botánica
- producción de peso vivo

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos del presente trabajo son:

- Evaluar y comparar la producción de forraje, forraje presente, forraje disponible, forraje desaparecido y tasa de crecimiento,
- Evaluar la evolución de la proporción de especies en la pastura, mediante la variable composición botánica.
- Evaluar y comparar la producción de peso vivo en kg PV/ha y ganancia por animal en kg/animal/día, carga animal en kg PV/ha y en unidades ganaderas (UG/ha) y la oferta de forraje (kg MS/100kgPV/día).

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERIZACIÓN DEL ECOSISTEMA PASTORIL

El clima del Uruguay según la clasificación de Köppen es de tipo Cfa (subtropical húmedo de verano caliente), siendo homogéneo a lo largo de su territorio y se define como templado-húmedo (Romero, s.f.), con precipitaciones que oscilan entre 930 mm (en el sur) y 1300 mm (en el norte), no mostrando un patrón definido en cuanto a su distribución estacional (Corsi, 1978). La temperatura media anual es de aproximadamente 16°C en el sur y 19°C en el norte, mientras que la temperatura media mensual varía desde 7°C en julio a 31°C en enero (Romero, s.f.).

Las temperaturas óptimas de crecimiento para especies C3 y C4 son de 20 a 25°C y de 30 a 35°C respectivamente, siendo la temperatura base para C3 de 5°C y de 10 a 15°C par C4 (Cooper y Tainton, 1968), lo que explica que en las pasturas naturales de nuestro país convivan tanto gramíneas templadas (C3), como tropicales (C4).

La capacidad de almacenaje de agua de los suelos del Uruguay es muy variable, pudiendo clasificarse los suelos en cinco categorías de potencial de acumulación de agua en forma disponible en: muy baja (<40 mm); baja (entre 40 y 80 mm); media (ente 80 y 120 mm); alta (entre 120 y 160 mm) y muy alta (> a 160mm) (Molfino y Califra, 2001). Relacionado a la diferente disponibilidad de agua de los suelos, se asocian las tribus de gramíneas según su resistencia al estrés hídrico, mostrando un arreglo heterogéneo en función del tipo de suelo (Millot et al., 1987).

Como consecuencia de la interacción del clima y el suelo, la vegetación del Uruguay es predominantemente herbácea, presentando un complejo

mosaico de especies que cambian su frecuencia y sus hábitos morfofisiológicos según las condiciones geológicas, edáficas, topográficas y de manejo a las cuales son sometidas (Berretta, 1996). El pastoreo, a través de cambios en los tipos vegetativos, sería el principal factor que mantiene nuestros campos en fase pseudoclimática herbácea (Vieira da Silva, citado por Berretta, 1996). Luego de la introducción del ganado mayor a comienzos del siglo XVI y posteriormente la de los ovinos en el siglo XVIII, es posible que hayan comenzado a ocurrir cambios en la vegetación climax de pastos altos y arbustos (Rosengurtt, 1978) con la reducción de algunas especies y la aparición de otras que fueron traídas por los colonizadores (Berretta, 1996).

Alrededor de 33° S hasta 26° S, que incorpora al norte de Uruguay, las leguminosas están representadas por pocos individuos tales como *Adesmia sp.*, *Vicia sp.*, *Lathyrus*, *Trifolium sp.*, *Medicago sp.*, *Desmodium sp.*, y *Rhynchosia sp.* Donde la humedad es abundante, los pastos dominantes son *Andropogon sp.*, *Aristida sp.*, *Axonopus sp.*, *Bothriochloa sp.*, *Paspalum sp.*, *Schizachyrium sp.*, *Setaria sp.*, *Stipa sp.* (Maraschin, 2001).

Los cambios estacionales son más o menos regulares en el ecosistema de la pradera natural, pero dentro de las estaciones la influencia incontrolable del tiempo con eventos inesperados, aumenta la variabilidad de la producción de forraje y por lo tanto tiene una influencia marcada en aquellas estaciones donde se produce la mayor parte del crecimiento (Berretta, 1991b). Esto determina una disponibilidad máxima de recursos durante la primavera y mínima en el invierno. En respuesta a ello el máximo crecimiento de las especies se produce durante la primavera - verano y el mínimo en el invierno, determinando una oferta diferencial de forraje durante todo el año (Zanoniani, 1997).

2.2 EFECTO DEL PASTOREO

2.2.1 Efecto de la intensidad de pastoreo sobre la producción de forraje

Cuando las dotaciones están ajustadas al potencial de las pasturas y el método de pastoreo incluye períodos de descanso, se puede mantener el campo en buena condición con variaciones debidas a los cambios estacionales. Este ecosistema pratense tiene una alta estabilidad y es capaz de recuperarse luego de impactos violentos como la sequía (Berretta, 1996).

Determinar la dotación adecuada a cada tipo de campo para alcanzar un objetivo de comportamiento animal sin deteriorar al ecosistema pratense es la decisión de manejo más importante (Holechek et al., Heady y Child, citados por Berretta, 1996). Cada vegetación tiene una producción potencial que va a determinar la capacidad de carga de ellas. Mott (1960) define a la capacidad de carga como la máxima dotación para alcanzar un objetivo de desempeño animal, con un método de pastoreo específico, que puede ser aplicada en un período definido sin deteriorar el ecosistema. El mayor problema en desarrollar un criterio de carga óptima para el manejo de las pasturas naturales es la necesidad de preservar forraje para utilizarlo en momentos en que el crecimiento de los pastos está limitado por falta de humedad o bajas temperaturas (McNaughton, citado por Berretta, 1996).

La misma idea es reportada por Maraschin (1998), donde la materia seca (MS) producida y la composición botánica determinan la condición del ecosistema y su potencialidad. La composición de esta MS es heterogénea llevando a que los animales seleccionen el alimento de mejor calidad llevando a la pastura a una nueva condición. Además dentro de la fracción MS se encuentra el material muerto (MM) que no es consumido por los animales pero

es un importante componente para la sustentabilidad de ecosistemas naturales ya que es fuente de reciclaje de nutrientes, promotor de retención de agua en el suelo y conservación de éste, flora y fauna. La integración del MM en las investigaciones es importante para entender como el animal trata el forraje en relación a la condición del perfil de la pastura. Por lo general, el MM aumenta con el aumento de la OF situándose generalmente entre 30%-40% (Moojen, citado por Maraschin, 1998).

Este mismo autor reporta que con el aumento gradual de la OF, aumenta la cobertura del campo, con una mayor presencia de hojas, mayor crecimiento de la pastura y mayor oportunidad para la producción por animal. Con mayores OF (12% y 16% PV), se explora mejor el momento más productivo de los grupos de especie de la pastura natural y se permite también que las especies de interés también produzcan semilla, pues encuentran protección dentro de la comunidad.

Para pasturas naturales de la depresión central del estado de Rio Grane do Sul, Brasil, Damboriarena (1990), determinó bajo pastoreo continuo con bovinos el efecto de la presión de pastoreo sobre la tasa de crecimiento, manejando OF de 3, 6, 9 y 12 Kg de MS/ 100 Kg PV/día, que determinaron niveles crecientes de materia seca residual que generaron tasas de crecimiento de 12,6; 12,8; 20,6; y 20,8 Kg de MS/ha/día respectivamente. Posteriormente con OF de 4; 8; 12; y 16 Kg de MS/ 100 Kg PV/día el mismo autor y Moojen, citado por Apezteguía (1994) obtuvieron ajuste cuadrático de las tasas de crecimiento, con máximos alcanzados en las presiones intermedias de 12 y 11,5%, reportándose resultados similares por Apezteguía (1994) mientras que para Correa, citado por Apezteguía (1994) la respuesta fue lineal.

En comunidades de Basalto, Berretta (1996) encontró que la producción anual de forraje, promedio de 9 años, es un 12% mayor con dotación de 1

UG/ha, pastoreo rotativo y relación 2:1 lanar/vacuno, que con igual dotación, pastoreo continuo y relación lanar/vacuno de 5:1. La carga de 0,8 UG/ha continua y relación 2:1 es un 3% superior a ésta. El hecho de permitir descansos a la pastura con el pastoreo rotativo se manifiesta en un 10% más de producción frente al pastoreo continuo.

En campos de Cristalino Formoso y Gaggero (1990), trabajando sobre Brunosoles, con cargas de 0,8 UG/ha y relaciones lanar/vacuno de 2:1 y 5:1 ambas en pastoreo continuo y diferido, encontraron que en ambas relaciones el sistema de pastoreo diferido produjo mayor cantidad de forraje, esbozando un efecto positivo de la vegetación frente a estas condiciones de manejo.

En pastoreo rotativo, con descansos de 60 días, con la dotación de 1 UG/ha, las diferencias entre las relaciones lanar/vacuno son escasas. Las especies dominantes en estas vegetaciones son cespitosas; las de bajo porte y arrosetadas tienden a reducirse en estas condiciones. Posiblemente, debido a un período de descanso excesivo para el tipo de vegetación analizada, se verifica un incremento de pastos tierno – ordinarios y ordinarios como *Andropogon ternatus* (Spreng.) Nees, *Aristida uruguayensis* Henrard, *Paspalum plicatulum* Michx y *Schizachyrium spicatum* (Spreng.) Herter. Sin embargo, es posible administrar mejor el forraje, particularmente con reservas en pie para la época invernal (Berretta, 1996).

Si la dotación excede la capacidad de carga, generalmente se produce un cambio en la composición de una comunidad vegetal a otra que es menos productiva o de menor valor para la alimentación de los animales que está asociado a un cambio en los tipos vegetativos (Noy-Meir et al., Olmos, Formoso, citados por Berretta, 1996).

A medida que se prolonga el pastoreo de un campo con carga alta y continua por largos períodos, hay un incremento de los pastos estoloníferos

como pasto horqueta pasto chato (*Axonopous affinis Chase*) (Olmos y Godron, citados por Berretta, 1996). Estas plantas son de ciclo estival, por lo tanto, además de ocurrir una reducción en la producción de forraje, hay un cambio hacia una vegetación de verano ya que todos los pastos estoloníferos de los campos son estivales, excepto *Agrostis palustris* Huds (Berretta, 1996).

Al diagramar los sistemas de pastoreo hay que conocer precisamente las especies que componen la vegetación, teniendo en cuenta los tipos productivos, particularmente cuando dominan los pastos ordinarios y duros porque con descansos prolongados y cargas instantáneas insuficientes puede dar lugar al aumento de éstos (Berretta 1996, Berretta 2005, Boggiano y Berretta 2006). La maduración del forraje, por baja frecuencia de defoliación sobre un número importante de plantas, ocasiona una pérdida del valor nutritivo y aumenta las diferencias en palatabilidad (Kothmann, citado por Berretta, 1996).

En aquellas vegetaciones en las que se acumulan restos secos hasta una frecuencia relativa de 15 a 20%, se reduce el contenido de PC. Si consideramos un pastoreo con alta carga al final del verano, en un corto período, que elimine la mayor parte de hojas maduras y cañas florales, hacia fin del otoño se obtendrá un forraje de mayor calidad que si no se aplica esta medida. El contenido de PC del forraje en otoño e invierno varía entre 6-7% con restos secos y entre 10-11% cuando las hojas viejas son reducidas. Estas diferencias se amplifican cuando hay veranos con muchas precipitaciones que permiten un crecimiento elevado (20-25 kg MS/ha/día). En la primavera, al producirse el rebrote de estivales y un crecimiento más activo de invernales, prácticamente no hay diferencias en los valores de la PC; además, la mayoría de los campos tienen una reducida masa de forraje al comienzo de ésta estación (Berretta, 1996).

Por otra parte, las especies invernales finas, al florecer cuando la disponibilidad de forraje es menor, no llega a semillar; entonces su persistencia depende únicamente de los mecanismos de reproducción vegetativa. Un ejemplo de esta situación es *Poa lanígera* que es una planta apetecible aún florecida; los descansos que le permiten florecer y semillar favorecen el incremento de su frecuencia (Berretta, 1996).

Los descansos favorecen la recomposición del tejido fotosintético y por consiguiente la capacidad de las plantas para producir alimentos para su supervivencia.

Boggiano et al. (1998) encontraron que el aumento de la oferta de forraje combinado con aumento del nivel de nitrógeno del suelo se refleja en un aumento de la contribución por presencia de material muerto, aumentando así los residuos de forraje. También debe considerarse que la intensidad de pastoreo tiene un mayor impacto sobre la vegetación que la selectividad, pero los animales dependen de ésta para balancear su dieta (Heady y Child, citados por Berretta, 1996), por lo que debe ser tomada en cuenta en los sistemas de pastoreo (Berretta, 1996).

Finalmente, el manejo del pastoreo resulta ser el superfactor biótico de mayor importancia y el mismo incide fundamentalmente de forma terminante en el estado de las pasturas naturales (Carámbula, 1996).

La continua remoción de hojas en pastoreo tiene un gran efecto en la capacidad fotosintética de las hojas remanentes. En pasturas mantenidas continuamente con bajo IAF las nuevas hojas son producidas bajo alta luminosidad, sin ser sombreadas por hojas más viejas y de esta forma desenvuelven una alta capacidad fotosintética (Woledge, citado por Parsons, 1988). En estas condiciones de altas presiones de pastoreo muchas hojas son removidas jóvenes o aún en fase de expansión, con esto una proporción

importante de las hojas fotosintéticamente más eficiente es removida y la fotosíntesis de la pastura en general disminuye progresivamente con el aumento de la defoliación (Parsons et al., King et al., citados por Nabinger, 1996). Por esta razón a pesar del alto potencial fotosintético de las hojas y la adaptación morfológica de las plantas mantenidas a bajo IAF en pastoreo continuo, no es suficiente para compensar la reducción en área foliar reflejándose en una menor productividad de la pastura (Nabinger, 1996).

En una pastura que alcanza alto IAF, las hojas que permanecen luego del pastoreo no son adaptadas a alta luminosidad incidente sobre ellas cuando las hojas superiores que las sombreaban son removidas pues fueron formadas en baja luminosidad y normalmente también a temperaturas más bajas. Hojas formadas bajo estas condiciones presentan menor eficiencia fotosintética en condiciones de bajas intensidades luminosas y tienen baja capacidad de readaptarse a niveles más altos (Prioul et al., citados por Nabinger, 1996), de la misma forma que la respuesta fotosintética a la temperatura llega a su óptimo solamente en aquellas temperaturas en las cuales la hoja fue formada (Robson et al., citados por Nabinger, 1996). De esta forma el IAF residual tiene una baja capacidad fotosintética a pesar de la alta incidencia de radiación y como consecuencia el rebrote inicialmente es lento hasta que un suficiente número de nuevas hojas se haya expandido y pasen a contribuir substancialmente a la fotosíntesis de la pastura. Por eso manteniendo la pastura con IAF muy alto perderá potencial de producción que limitará la utilización del forraje independientemente de la eficiencia de utilización de la pastura. La eficiencia de utilización del forraje también tenderá a decrecer en pasturas mantenidas con alto IAF como resultado de la reducida densidad de macollos y baja relación hoja verde/vaina (Hodgson et al., citados por Nabinger, 1996).

Teniendo en cuenta los párrafos anteriores, el aumento en la intensidad de defoliación, como ocurre con el aumento en la presión de pastoreo, hace que

una mayor proporción de los tejidos producidos sea cosechada y solamente una pequeña proporción permanezca en la pastura senesciendo posteriormente. Inicialmente este aumento en la utilización compensa el efecto negativo de la reducción de la fotosíntesis para fabricación de nuevos tejidos y la cantidad cosechada por área aumenta. Sin embargo si la tasa de utilización de la biomasa producida continúa aumentando, la gran remoción de tejidos fotosintetizantes determina una considerable reducción en el IAF y en la cantidad de radiación interceptada, disminuyendo así la cantidad de forraje cosechada por área. Estas consideraciones implican que en una situación de pastoreo continuo la mantención de un IAF próximo a aquel que asegure la máxima interceptación de la radiación no coincide necesariamente con la máxima producción cosechable por el animal. Según Parsons, citado por Nabinger (1996) la máxima producción cosechable se obtiene con IAF inferior al óptimo para producción de biomasa pero que permite la mejor oportunidad de cosecha de material vivo (Nabinger, 1996).

2.2.2 Efecto de la intensidad de pastoreo sobre características morfogénicas

Para comprender el proceso de desarrollo de una planta, se deben conocer las condiciones que regulan el funcionamiento de los tejidos meristemáticos. Los vegetales presentan formas o hábitos de crecimiento diferentes de acuerdo a su genotipo. La morfogénesis se define como la dinámica de generación y expansión de órganos en el espacio. Esta puede ser analizada como la tasa de aparición de nuevos órganos (organogénesis), su tasa de expansión (crecimiento), y su tasa de senescencia y descomposición. Para pasturas templadas en condiciones vegetativas, se definieron tres características morfogénicas que serían las más importantes y que están determinadas genéticamente e influenciadas directamente por condiciones del

ambiente: tasa de aparición de hojas, tasa de elongación foliar (TEF) y vida media foliar (Chapman y Lemaire, citados por Azanza et al., 2004).

En cuanto a la estructura de la pastura, esta varía considerablemente en relación al manejo impuesto. Pasturas mantenidas con bajo IAF sobre pastoreo continuo presentan un gran número de pequeños macollos, mientras que pasturas donde la presión de pastoreo es baja, presentan un mayor IAF y son caracterizadas por un menor número de macollos de mayor tamaño. Estas adaptaciones morfológicas debidas a la plasticidad fenotípica, tienen importantes consecuencias en el patrón de severidad de defoliación sufrida por plantas individuales en la pastura (Nabinger, 1996).

Según Briske, citado por García et al. (2005) la resistencia de la planta a la defoliación se expresa a través de dos mecanismos: el de evasión y el de tolerancia. El primero reduce la probabilidad de defoliación mientras los de tolerancia facilitan el rebrote después de la defoliación. Pastoreos prolongados inducen mecanismos de evasión, resultando en plantas con un gran número de macollos de pequeño porte y con un número bajo de hojas. Otra forma es el crecimiento de tipo decumbente que reduce el horizonte cosechable por el animal. Las especies más frecuentes en el tapiz luego de repetidas defoliaciones tenderían a poseer mejores mecanismos de evasión a la defoliación aunque principalmente su frecuencia estaría explicada por la preferencia de los animales a especies más palatables. En cuanto a la tolerancia se expresa a través de la velocidad de crecimiento posterior al pastoreo la cual está determinada por el potencial de remplazo de hojas de la especie, el cual depende mayormente del número, fuente y ubicación del tejido meristemático, siendo los meristemas intercalares los que generarán más rápido nuevos tejidos.

Sevrini y Zanoniani (2011), trabajando con *Bromus auleticus* Trinus observaron que en otoño a altas ofertas de forraje se da una disminución en la tasa de elongación debido a la acumulación de restos secos. El mismo efecto se observa a altas intensidades de pastoreo, baja oferta, en la tasa de elongación. La tasa de expansión aumenta a medida que disminuye la oferta y se mantienen altos niveles de nitrógeno. Además, a altas dosis de nitrógeno y altas ofertas de forraje se da poca elongación foliar, donde estaría afectando el sombreado y competencia que se da entre las hojas de mayor porte y las hojas en crecimiento. A medida que disminuye la oferta (menores IAF), disminuye la competencia, principalmente por luz, lo que promueve una rápida elongación de las hojas en crecimiento.

Al pasar de altas ofertas de forraje (14% PV) a menores ofertas (hasta 7,6% PV), menor será la tasa de senescencia total por macolla, independientemente de las dosis de nitrógeno que se utilicen, a partir de 7,6% PV comienza a aumentar la senescencia nuevamente. Esto se explica porque a altas ofertas de forraje el remanente es muy alto ya que los animales seleccionan el vegetal más tierno y de mejor calidad, quedando hojas viejas o ya expandidas, situación que se revierte a asignaciones menores. Sin embargo a muy bajas ofertas se compromete el rebrote de las macollas desfoliadas, por lo que comienza a aumentar la senescencia nuevamente.

Gonzales et al. (2004), trabajando con *Stipa setigera* Speg sobre suelos de formación Fray Bentos, concluyeron que con bajo niveles de OF y bajo N hay una baja competencia inicial de *S. setigera* siendo mayor el estrés con el aumento de la fertilidad, viéndose favorecidas las especies de dispersión clonal como el *Paspalum notatum* Fl. En éstas condiciones disminuye la densidad de plantas y se favorece el macollaje. Al aumentar la OF y los niveles de N la *Stipa* se ve favorecida compitiendo principalmente con especies cespitosas debido a sus hojas largas y macollo erectos. En éste caso el número de plantas aumenta

y debido a la competencia por luz la planta prioriza el crecimiento en altura en vez del macollaje. Esta especie también se ve favorecida con bajos niveles de N a altas OF, principalmente por la disminución de la competencia que ofrecen las otras especies de la pastura y teniendo en cuenta la alta capacidad competitiva de esta especie.

2.2.3 Efecto de la intensidad de pastoreo sobre la composición botánica

Los animales en pastoreo prefieren ciertos tipos de vegetaciones y/o plantas frente a otras, por lo que las diferentes comunidades dentro de un potrero tienen distinta utilización. Por otra parte, los animales tienden a frecuentar a aquellas donde los pastos poseen mayor calidad y pueden cubrir sus necesidades alimenticias (McNaughton, citado por Berretta, 1996). Esto determina que el pastoreo selectivo coloque en desventaja para competir a aquellas plantas más utilizadas (Briske, 1991a).

Cambios indeseables en la vegetación son comúnmente atribuidos a pastoreos continuos los cuales pueden llevar a repetidas defoliaciones severas de las plantas más palatables (Vallentine, citado por Johnson y Hodgkinson, 1999). Pero aun en sistemas de pastoreo especializados donde se busca evitar el pastoreo de plantas individuales puede que ocurran defoliaciones más severas de especies preferidas por los animales (Comstock, citado por Johnson y Hodgkinson, 1999). Entonces se piensa que pueden haber otros factores que de hecho tengan mayor influencia sobre la permanencia de especies palatables en la pastura. En un estudio realizado en Australia, Johnson y Hodgkinson (1999) encontraron que con cargas ovinas de 0, 0,3 y 0,8 ovejas/ha la mortalidad de plantas no fue significativa en situaciones de adecuada humedad pero en años donde hubo sequía la mortalidad de plantas fue bastante elevada acentuándose esto en las parcelas con mayor carga animal.

Por este motivo el pastoreo rotativo popular no ayudará a reducir la mortalidad de las plantas más palatables si son pastoreadas en épocas de sequía. La reducción del pastoreo o su eliminación temprana en épocas de sequía es crítico para la sobrevivencia de pastos perennes palatables.

Según Norris, citado por Dube (1999), defoliaciones selectivas en condiciones de baja humedad limita la producción de macollos e incrementa la mortalidad de éstos. El estrés hídrico reduce la longevidad de los macollos y las plantas responden al sombreado y al estrés hídrico perdiendo algunos macollos y manteniendo algunos para su sobrevivencia (Danckwerts y Stuart-Hill, citados por Dube, 1999). El manejo del pastoreo debe ser orientado a reducir la defoliación selectiva de especies palatables y aumentar la disponibilidad de agua para reducir los efectos del estrés hídrico (Dube, 1999).

La fecha de pastoreo, la intensidad de pastoreo y el tiempo de recuperación tienen efectos significativos sobre la producción de forraje. La acumulación de forraje de *Bromus* y *Poa* es afectada por el tiempo de defoliación, la intensidad de defoliación y el posterior período de recuperación. La interacción entre la fecha de pastoreo y el período de recuperación demuestra la importancia del período de descanso y la fuente de nutrientes para la respuesta a la defoliación en plantas forrajeras (Donkor et al., 1999).

En comunidades de Basalto la dotación 0,8 UG/ha continua y relación 2:1 lanar/vacuno no provocó cambios importantes en la vegetación. Cuando la dotación continua se incrementa, comienzan a registrarse algunos cambios, en particular en la frecuencia de hierbas enanas y pastos de porte bajo, estoloníferos. Si además del aumento de dotación, la relación lanar/vacuno pasa a 5:1, la sustitución de especies más productivas por otras menos productivas se hace más notable. En este último caso hay una disminución de especies cespitosas, de porte erecto como flechilla, *Paspalum plicatum*,

Andropogon ternatus y *Coelorhachis selloana* (Hack) Camus, mientras que cespitosas de menor porte como *Schizachyrium spicatum* mantiene su frecuencia y se incrementan plantas de bajo porte como *Chevreulia sarmentosa* (Pers) S.F. Blake, *Paspalum notatum* y trébol del campo (*Trifolium polymorphum* Poir). A la vez se observa una reducción en el número de especies inventariadas.

Sin embargo para campos de Cristalino, Formoso y Gaggero (1990) con la misma carga de 0,8 UG/ha, en el tratamiento 2:1 continuo, se detectó un avance importante de las especies no gramíneas hasta el punto de contribuir a la vegetación casi en igual proporción que las gramíneas. En el tratamiento 2:1 diferido, dichas modificaciones no se registraron con tal intensidad. La diferencia observada en producción de forraje podría estar explicada por esta causa. En el tratamiento 5:1 la contribución de las gramíneas y no gramíneas no presenta diferencias destacables entre los sistemas de pastoreo. Se presenta una importante predominancia de las gramíneas en el tratamiento diferido. La mayor proporción de gramíneas en el tratamiento 5:1 estaría explicando la mayor producción de materia seca de este tratamiento frente al 2:1.

Estas diferencias en la composición del tapiz de los diferentes tipos de suelo determinan evoluciones diferentes del mismo cuando se manejan a igual intensidad de pastoreo y relación lanar/vacuno. Para basalto, donde predominan gramíneas tiernas y finas, una mayor relación lanar/vacuno lleva a una reducción de estas fracciones debido a que serán más frecuentemente pastoreadas por los ovinos llevando al tapiz a una sustitución por especies menos productivas y menor producción de forraje. Lo contrario se observa para Cristalino, donde pastoreos con mayor relación lanar/vacuno, llevan a una mayor producción de forraje debido a mayor proporción de gramíneas, a expensas de la disminución de malezas enanas, que son la fracción consumida

por los ovinos, ya que las gramíneas que se encuentran en este tapiz son de menor calidad. Como consecuencia de esto último la mayor producción de forraje no se traduce en mayores ganancias animales.

2.2.4 Efecto de la intensidad de pastoreo sobre los requerimientos de nitrógeno de la planta

Defoliaciones severas llevan a una importante disminución del nitrógeno en planta y para que el área foliar remanente se recupere es necesario que ocurra removilización de las reservas de nitrógeno desde las raíces y tallos. El rebrote pos defoliaciones no se encuentra directamente determinado por el nivel de carbohidratos de reserva, pero si por el almacenamiento y capacidad de removilización del nitrógeno. La disminución del carbono soluble en plantas rebrotando luego de defoliaciones es debida principalmente a pérdidas por respiración y solo una parte por removilización directa de carbono para la síntesis de nuevos tejidos. Por lo tanto la cantidad de proteínas de reserva y la tasa a la cual ellas se reciclan determinan la tasa de expansión de nuevas hojas (Lemaire y Chapman, 1996).

Bajo pastoreo continuo como las hojas nuevas están bien iluminadas con alto contenido de nitrógeno y se encuentran más accesibles al pastoreo con mayor probabilidad de ser removidas, una mayor proporción de nitrógeno proveniente del suelo es requerida para la síntesis de hojas nuevas, por lo cual se puede pronosticar que una pastura depende más del nitrógeno del suelo cuando el pastoreo es más severo (Lemaire y Chapman, 1996).

En contrapartida Lemaire (1997) reporta que defoliaciones frecuentes no presentan efectos en la removilización de las reservas de nitrógeno, porque la adaptación morfogenética de las gramíneas frente a repetidas defoliaciones

permite que las plantas mantengan un área foliar suficiente como para soportar altas tasas de extracción de nitrógeno, necesarias para satisfacer los requerimientos de la biomasa en crecimiento, y por esto cantidades pequeñas o nulas de nitrógeno de reserva tienen que ser removilizadas para asegurar el rebrote de la parte aérea.

De lo antedicho se aprecia cuán importante es el suministro de nitrógeno desde el suelo para la generación de nuevos tejidos de la planta.

2.2.5 Efecto de la intensidad de pastoreo sobre la producción animal

La producción por animal disminuye a medida que aumenta la intensidad de pastoreo mientras que el mantenimiento de las expectativas de producción por unidad de superficie aumenta. En un principio la producción animal por unidad de área aumenta con la intensidad de pastoreo, ya que depende tanto el rendimiento del animal individual como el número total de animales. Después del máximo, la producción por unidad de superficie disminuye rápidamente con el aumento de la intensidad de pastoreo porque el aumento del número de animales ya no es capaz de compensar la producción limitada por animal individual (Mott, 1960). Por lo tanto, la intensidad de pastoreo que maximiza la producción sostenible de animales por unidad de área es la que optimiza los procesos de captación de energía solar, la eficiencia de la cosecha, y la eficiencia de conversión dentro de un sistema (Briske, 1991a).

Según Maraschin (1998), con el aumento gradual de la OF aumenta la cobertura del campo, hay una mayor presencia de hojas, mayor crecimiento de la pastura y mayor oportunidad para la producción animal. Con OF de 12 y 16 % PV se explora mejor el momento más productivo de los grupos de especie de

la pastura natural y se permite la semillazón de especies productivas. En estas condiciones se pueden llegar a ganancias de 500g/animal/día teniendo en cuenta que el animal puede seleccionar su dieta expresando la calidad del forraje.

En nuestro sistema pastoril, surge la necesidad de no solo maximizar la ganancia media diaria por animal (GMD) sino también la ganancia por hectárea (G/ha). Teniendo en cuenta esto, se marca un rango óptimo de OF donde se maximicen ambas variables promoviendo la productividad y sustentabilidad de la pastura natural. La respuesta animal al forraje ofrecido es curvilínea (Maraschin et al., 1997), definiendo el rango óptimo de utilización de la pastura entre 11,5 y 13,5% PV para conciliar la GMD con la G/ha (Maraschin, 1998)

Setelich, citado por Gomes et al. (2000) verificó que simplemente el control de la oferta de forraje proporcionó ganancias de peso vivo superiores a 200 Kg/ha, manteniendo las ofertas fijas; Aguinaga et al. (2004) reportan ganancias de 260 kg/ha de peso vivo como consecuencia del control de la oferta estacional, con ofertas de primavera de 8%PV y manteniendo 12%PV el resto del año. Los incrementos de ganancia de peso en este sistema se explican por el cambio en la estructura de la pastura que se mantiene más vegetativa en primavera, reduciendo su endurecimiento de verano a otoño.

2.3 EFECTO DEL NITRÓGENO

2.3.1 Efecto del nitrógeno sobre la producción de forraje

El incremento en el suministro de nitrógeno mediante la fertilización afecta la productividad de la pastura por sus efectos directos sobre la fisiología y morfología de las plantas forrajeras, estando la respuesta en términos de

crecimiento fuertemente afectada por las condiciones del medio ambiente (Wilman y Wright 1983, Whitehead 1995).

Los efectos del N en la producción de forraje de las gramíneas han sido objeto de gran cantidad de estudios, habiéndose demostrado que mediante la fertilización con este elemento es posible elevar la producción de materia seca y alcanzar niveles imposibles de lograr con ningún otro manejo (Carámbula, 2002).

Numerosos autores han observado dicho comportamiento y en general han determinado que la respuesta es casi lineal en dosis de hasta 350 kg/ha del nutriente (Ramaje et al., Cowling, Albuquerque, Castle y Reid, Vera, Cowling y Lockyer, Cowling, Brockman, citados por Carámbula, 2002). Estos autores observaron que si bien por cada incremento en la dosis de N se produce un aumento en la producción de materia seca, el mismo es porcentualmente menor a medida que la dosis se eleva, hasta que por encima de 500 kg/ha de N, los aumentos alcanzan un nivel máximo y se estabilizan (Ramage et al., Schmidt y Tenpas, Cowling, Reid, citados por Carámbula, 2002). La curva de respuesta en producción de materia seca de la pastura a la fertilización nitrogenada es lineal en dosis bajas hasta que alcanza un máximo, para luego decrecer en dosis altas (Morrison et al., citados por Carámbula, 2002).

El empleo de fertilizantes inorgánicos nitrogenados hacia comienzos del otoño puede estimular el rebrote y crecimiento de las invernales (Berretta et al., 1998), favoreciendo el macollaje de las mismas y así un mayor rendimiento primaveral (Ayala y Carámbula, 1994), además de alargar el período vegetativo de las estivales, antes del descenso de las temperaturas. Por otra parte, la fertilización de fines de invierno seguiría estimulando a las invernales y ayudaría al rebrote más temprano de las estivales. Por lo tanto, el rebrote más temprano de ambos tipos de especies y el alargamiento del ciclo de las estivales

tenderían a reducir el período de escaso crecimiento invernal (Berretta et al., 1998).

Otros estudios muestran que en pasturas constituidas fundamentalmente de especies estivales, la mayor respuesta al N y a NPK se concentra en general en los períodos de mayor producción de las mismas, en los meses de primavera, verano y otoño. El ciclo biológico de las especies presentes, las bajas temperaturas y heladas y el exceso de agua en estos suelos serían responsables de la baja utilización de dicho elemento. Este comportamiento indicaría que la demanda de forraje exigida por las producciones animales en la época invernal debería ser cubierta mediante el agregado de este nutriente temprano en el otoño. Solo de este modo, la acumulación del pasto a lo largo de dicha estación y su diferimiento en pie hacia el invierno, resultará más eficiente para enfrentar las condiciones rigurosas de esta época del año (Ayala y Carámbula, 1994).

En el primer año de fertilización con N y P, la diferencia entre los tratamientos fertilizados y el testigo, se hacen mayores a medida que aumenta el número de años de aplicaciones; 27, 54 y 75% más de aumento de los tratamientos fertilizados vs los no fertilizados en los respectivos 3 años (Berretta et al., 1998). Bemhaja (1994), en estudios del efecto del nitrógeno sobre la producción del campo natural sobre areniscas de Tacuarembó, obtuvo una producción 72% superior para el primer año y 89% superior para el segundo año de fertilización con dosis de 120 Kg/ha de N. Además dicha fertilización provocó cambios en la distribución vertical de la MS, observándose un mayor aporte en el estrato superior del tapiz.

Lorenz y Rogler (1973), encontraron que la producción de MS en campos fertilizados con N varía mucho según el nivel de precipitaciones, siendo significativamente menor en años de sequía. Por lo general en años donde el

nivel de lluvias es inferior al promedio de varios años, la producción de forraje también es inferior, sin embargo pasturas fertilizadas con N resultaron tener mayor producción de forraje aun en años de sequía (Conrad et al., s.f.).

Rodríguez Palma (1998) en un campo natural con predominio de *Stipa setigera*, *Lolium multiflorum* Lam y *Hordeum stenostachys* Nevski, obtuvo un aumento del 44% en la producción de forraje con la aplicación de 100 kg N/ha/año respecto al testigo sin fertilizar. La fertilización nitrogenada en el período otoño-invernal, incrementó el crecimiento bruto y neto de las gramíneas, con un efecto principalmente en el aumento de la densidad de macollos, que en este caso fue de 40%.

Bemhaja et al., citados por Zamalvide (1998) trabajando sobre pasturas naturales en campos de basalto profundo observaron que la aplicación de 120 kg/ha de N fraccionadas en tres aplicaciones, (abril, agosto y septiembre) incrementó la producción total anual en un 83% respecto al testigo sin fertilizar.

Rodríguez Palma et al. (2008a) observaron una diferencia del 30% superior en la producción anual de forraje (promedio de 6 años) entre el tratamiento N100 respecto a N0. Dicha fertilización nitrogenada no modificó marcadamente la distribución estacional.

En estudios realizados por Gomes et al. (1998) niveles de fertilización de NPK de 100, 500,120 Kg/ha más 2,2 t/ha de calcáreo dolomítico (nivel más alto de fertilización) mostró los mayores valores de MS acumulada y tasa de acumulación de MS a pesar de no siempre diferir de los otros niveles más bajos de fertilización. También se apreció un cambio en el comportamiento animal. En las parcelas con el nivel más alto de fertilización los animales pastoreaban más intensamente eliminando las matas densas de pastos, condicionando así la vegetación a una fisionomía homogénea, que contrastaba con la de los demás tratamientos, confirmando la utilidad de la fertilización como alternativa de

manejo para promover el consumo uniforme del forraje, evitando la formación de áreas subpastoreadas. El efecto residual de la fertilización se mantenía aun después de cinco años de realizada.

La fertilización nitrogenada aumenta las producciones de materia seca total y materia seca verde en verano, cuando las condiciones ambientales promueven mejores condiciones de crecimiento. Las tasas de acumulación de materia seca verde en otoño fueron más influenciadas por las ofertas de forraje que por el efecto residual del N aplicado en verano. El efecto residual de la fertilización sobre la producción de otoño es muy tenue, pues las menores temperaturas tienen mayor peso en la producción de las pasturas naturales que el aumento en la disponibilidad de N (Boggiano et al., 2002).

El aumento del nivel trófico del suelo por el agregado de N y P produce un incremento en la producción y calidad de las pasturas naturales (Berretta et al., 1998), además de afectar la distribución del forraje aéreo y radicular (Berendse y Tiley, Tilman, Chapin, citados por Zamalvide, 1998). Este proceso es relativamente lento, registrándose, a partir del primer año de las aplicaciones diferencias que aumentan a medida que continúa el agregado de nutrientes (Berretta et al., 1998). Otros efectos que tiene la fertilización nitrogenada en el suelo son alteraciones en las características químicas, en especial la elevación del pH, CIC y saturación en bases y en el nivel de P, Ca, Mg y MO (Gomes et al., 1996).

El mayor desarrollo de la parte aérea provoca aumentos del volumen del suelo explorado y por ende en la posibilidad de absorción de agua y nutrientes. Ello se traduce en más agua que pasa desde el suelo hacia la atmósfera a través de las plantas, por lo tanto aumenta la transpiración y disminuye la evaporación, determinando una mayor eficiencia en el uso del

agua por acción del nitrógeno (García y Mazzanti, citados por Iurato y Rodríguez, 2002).

La fertilización del campo natural permite incrementar la producción y calidad de vegetaciones sobre suelos cuya profundidad no es adecuada para el desarrollo de especies forrajeras más productivas adaptadas a ellos. La máxima tasa de crecimiento diaria (TCD) registrada sin fertilización en primavera es de 19 kg MS/ha/día, mientras que la máxima de los tratamientos fertilizados es de 35 kg MS/ha/día. El manejo del área fertilizada debe ser cuidadoso para permitir la floración de las plantas nativas, aunque no requiere los períodos sin pastoreo para el establecimiento de las especies introducidas y de cierre o de carga muy reducida para la floración y semillazón de éstas (Berretta et al., 1998).

La fertilización nitrogenada modifica la eficiencia de utilización de la pastura. Mazzanti y Lemaire (1994) trabajando en pastoreo continuo de *Festuca arundinacea* Vill, determinaron que la eficiencia de utilización de forraje del 73% obtenida con nivel alto de N, se reducía al 57% con nivel bajo de N, como consecuencia de un período de descanso entre defoliaciones mayor, resultado de una menor carga.

La magnitud de tales efectos puede depender de la duración de vida de la hoja de las especies presentes en la pastura y es necesario considerar esta variable cuando se planea sistemas para optimizar la eficiencia de utilización. Teóricamente esta reducción en la eficiencia de pastoreo inducida por una disminución en el crecimiento de la pastura y en la carga animal debe ser mayor para especies con corta duración de vida de las hojas que para las especies con mayor duración de vida de las hojas (Nabinger, 1996).

Ayala y Carámbula (1994) encontraron que el nivel de utilización afectó la producción total anual, obteniendo rendimientos en materia seca 24,3% superiores cuando se permitió acumular forraje por un período mayor de

tiempo. Un manejo de utilización menos frecuente permitió lograr una mayor eficiencia de los nutrientes aplicados particularmente del nitrógeno.

2.3.2 Efecto del nitrógeno sobre características morfológicas

Dentro de ciertos márgenes de temperaturas invernales y en condiciones no limitantes de otros nutrientes, fósforo principalmente, y de humedad, la fertilización nitrogenada incrementa la tasa de elongación foliar, la tasa de aparición de hojas y de macollos de gramíneas forrajeras bajo sistema de corte o pastoreo (Mazzanti et al., 1994).

La vida media foliar es ligeramente reducida por la deficiencia de nitrógeno (Iurato y Rodríguez 2002, Gastal y Lemaire, citados por Errandonea y Kuchman 2008). Sin embargo, debido al efecto del nitrógeno sobre la tasa de elongación foliar (TEF) y sobre el tamaño de la hoja, la tasa de senescencia foliar aumenta en términos absolutos con el nivel de fertilización (Mazzanti y Lemaire, 1994). Por tanto, un incremento de los niveles de nitrógeno en combinación con una mala adaptación en el manejo del pastoreo podría aumentar drásticamente la senescencia y disminuir la acumulación de biomasa verde en la pastura (Lemaire y Chapman, 1996).

Con respecto al efecto del nitrógeno sobre la tasa de aparición foliar la información es contradictoria. En gramíneas forrajeras es esperable que en situaciones de carencias severas de nitrógeno se incremente la tasa de aparición de hojas (Anslow, 1996). La misma presenta una temperatura base para gramíneas C4 de 8 a 9°C (Lemaire y Agnusdei, citados por Caresani y Juanicotena, 2008). Para raigrás, Lattanzi et al. (1997) comprobaron que la fertilización nitrogenada incrementó la tasa de aparición de hojas en

aproximadamente 30 %, siendo más rápida con dosis de N50 y N100 en relación a N0.

Sin embargo, el efecto más importante del nitrógeno se observa sobre la tasa de elongación foliar (Wilman y Wright 1983, Gastal et al. 1992), este nutriente vuelve los tejidos más turgentes, produciendo paredes más delgadas y facilitando la división y la elongación celular (Tisdale et al., citados por Iurato y Rodríguez, 2002).

Rodríguez Palma (1998) reportó que la tasa diaria de elongación de gramíneas O-I-P se incrementó con la fertilización nitrogenada un 17 % entre N0 y N100 y un 15 % entre N50 y N100. De manera similar, en condiciones de pastoreo, con altas aplicaciones de nitrógeno, Laidlaw y Steen (1989) observaron incrementos en la tasa de elongación foliar de 19 % en Raigrás perenne y Boggiano (2000a) reporta aumentos del 25 % en *Paspalum notatum*.

Mazzanti et al. (1994) trabajando con avena y raigrás observaron que la respuesta de la TEF a la fertilización nitrogenada tiende a ser limitada cuando las temperaturas medias diarias del aire son menores a 8 °C.

Mazzanti et al. (1997) comprobaron para raigrás y avena que la acumulación de forraje se incrementó con dosis crecientes de nitrógeno, y fue máxima con 250 kg ha⁻¹. La alta aplicación de nitrógeno aumenta el crecimiento de la pastura en un 39 %, como consecuencia de un incremento de 13 % en la tasa de crecimiento por tallo y un 21 % de incremento en la densidad de tallos. El efecto del N en la tasa de elongación foliar se mantuvo limitado a 23 % y fue en parte contrabalanceado por una reducción en el peso específico de hoja (Mazzanti et al., 1997). Dichos resultados son globalmente coincidentes con los hallados en la bibliografía para otras especies forrajeras de ciclo de crecimiento otoño invierno primaveral (Whitehead, 1995), y para pasturas cultivadas y

pastizales naturales del área deprimida bonaerense (Fernández Grecco et al., citados por Mazzanti et al., 1997).

Bajo pastoreo continuo la importancia de la tasa de elongación foliar como un componente de la respuesta del crecimiento del forraje al nitrógeno pareció ser menor que en pasturas infrecuentemente defoliadas o en condiciones de corte, determinando que la densidad de macollos sea el principal componente que se modifica en respuesta al nitrógeno agregado. La elongación foliar no es la única variable que estima las diferencias en la producción de forraje, por esto mismo la tasa de macollaje puede ser vista en pasturas continuamente defoliadas como una vía adicional para la respuesta al nitrógeno en tales regímenes de manejo (Mazzanti et al., 1994).

Numerosos autores han demostrado el efecto positivo de la fertilización nitrogenada en el macollaje, tanto para especies templadas (Wilman y Pearse, Simon y Lemaire, Gastal y Lemaire, citados por Carámbula, 2002) como en especies tropicales (Meras y Humphreys, Corsi, Schemoul, citados por Carámbula, 2002).

La fertilización nitrogenada incrementa la tasa de aparición y la densidad de macollos de pasturas de gramíneas en condiciones de corte (Wilman y Wright 1983, Whitehead 1995), y de pastoreo (Mazzanti et al., 1994), al igual que el peso de los mismos. Esto puede ser parcialmente explicado por un efecto directo del nitrógeno sobre la activación de los meristemas potencialmente productores de nuevos individuos (Whitehead, 1995). Sin embargo también cabe considerar un efecto indirecto, consecuencia del incremento en la tasa de aparición de hojas (Lattanzi et al., 1997), lo cual implica la generación de un mayor número de sitios potencialmente productores de macollos para los cultivos no carenciados en nitrógeno (Mazzanti et al. 1994, Cruz y Boval 1999).

Rodríguez Palma (1998) para especies como *Lolium multiflorum*, *Stipa neesiana* Trin & Rupr y *Hordeum stenostachys* detectó aumentos significativos del 40 % en la densidad de macollos para N100 respecto a N0. Estudios realizados por Laidlaw y Steen (1989) mostraron aumentos en la densidad de macollos del 49 % para los tratamientos fertilizados, mientras que para la tasa de elongación foliar el aumento registrado fue de 19 %.

La tasa de crecimiento de brotes después de una defoliación severa parece depender directamente de las reservas de N almacenadas durante el período de crecimiento precedente (Ourry et al., citados por Lemaire, 1997) y no directamente de las reservas de carbono (C) (Lemaire, 1997).

2.3.3 Efecto del nitrógeno sobre la composición botánica

El comportamiento relativo frente a distintos niveles de fertilidad afecta no solo la productividad anual y estacional del campo natural sino que conduce a un balance diferente entre especies. De esta forma un incremento en el nivel de fertilidad trae aparejado cambios botánicos en la pastura, favoreciéndose las especies de mayor respuesta, las que una vez levantada la limitante se tornan competitivas (Ayala y Carámbula, 1994). “El disturbio” provocado por la fertilización lleva a la vegetación a un nuevo punto de equilibrio (Berretta et al., 1998).

En pasturas naturales se ha observado que al aplicar nitrógeno ocurren reducciones en la proporción de gramíneas poco productivas, leguminosas y dicotiledóneas no leguminosas (Whitehead, 1995).

Según Koukoura et al. (2005), las fertilizaciones con N y P aumentan la producción de forraje desde el primer año de fertilización y disminuye la diversidad florística. Sin embargo, bajo pastoreo la diversidad florística

aumenta. Resultados diferentes reportan Boggiano y Berretta (2006) donde la riqueza específica del campo natural se incrementó con los tratamientos de fertilización NP.

La contribución de las gramíneas invernales aumenta con el agregado de nitrógeno hasta llegar a una dosis de alrededor de 180 kg/ha, luego de la cual desciende marcadamente. Con esta respuesta pueden lograrse contribuciones de las gramíneas invernales que superen en más de tres veces el aporte de las gramíneas estivales (Zanoniani, 2009). Según Pinto y Costa (1998) *Bromus auleticus* responde a la aplicación de dosis crecientes de nitrógeno hasta aproximadamente 150 Kg de N/ha.

Rodríguez Palma et al. (2004) observaron un aumento del 40 a 50% en la participación de las gramíneas invernales y en particular un mayor aporte de las especies finas, entre ellas *Bromus auleticus*, la cual duplicó su producción. En un promedio de seis años observaron cambios en la participación de las especies en N100 respecto a N0: aumento de 25 % en gramíneas invernales y reducciones de 29 % en gramíneas estivales, 45 % en malezas de campo sucio, 38 % en malezas menores-enanas+leguminosas (Rodríguez Palma et al., 2008a).

Este incremento de invernales está relacionado con la aplicación de N y P, que provoca el aumento del nivel trófico del suelo. Esta es otra vía para hacer más invernal al tapiz vegetal, como ocurre cuando se introducen leguminosas, se fertiliza con fósforo y se realiza un manejo tendiente a permitir la floración de las especies nativas invernales (Bemhaja y Berretta, Berretta y Levratto, Berretta, citados por Berretta et al., 1998).

Berretta et al. (1998) observaron que en el campo natural siempre predominan las especies estivales y que la participación de las especies invernales al recubrimiento del suelo se incrementa en los tratamientos

fertilizados. Esta evolución fue significativa a partir del segundo año de fertilización (Bemhaja et al., 1998).

Según Rodríguez Palma et al. (2008a), la contribución de las gramíneas invernales, que se expresó en incrementos en la acumulación anual de forraje, con un aumento en la participación en el período invierno-primaveral se aprecia a partir del cuarto año de fertilización.

Boggiano et al. (1998), Berretta et al. (1998) reportan aumentos de la cobertura de Ciperáceas en respuesta a niveles de N. Por otro lado Gomes et al. (1998) reportaron reducción de especies de la familia *Cyperaceae* con la fertilización de N. Estas diferencias de respuestas a nivel de familias botánicas, consideran diferencias en ciclos de producción de las especies asociados a los momentos de fertilización. Gomes et al. (1998) también reportaron un gran aumento en la frecuencia de las leguminosas nativas, especialmente *Desmodium incanum* DC. cuando combinado el efecto de la fertilización de N con períodos de descanso en invierno y primavera o verano. Respuestas contrarias reporta Boggiano (2000a), donde la contribución de las leguminosas se reduce con la fertilización nitrogenada como consecuencia del aumento en la competencia de las gramíneas y ciperáceas.

Los tipos productivos permiten calificar las especies más o menos importantes de manera de ordenar el manejo presente y futuro del tapíz vegetal (Rosengurtt, 1979). La evolución de los mismos permite conocer los cambios positivos o negativos que se producen en la vegetación sometida a diferentes tratamientos (Berretta et al., 1998).

Según Berretta et al. (1998) los pastos finos y tierno-finos tienden a incrementar su presencia en los tratamientos fertilizados, siendo los principales *Adesmia bicolor* (babosita), *Poa lanigera* (poa) y *Paspalum dilatatum* Poir. (pasto miel), y *Stipa setigera* (flechilla). Esta última especie es la más frecuente,

la babosita y el pasto miel se hacen más importantes en primavera, continuando este último su aumento en verano con cargas menores, mientras que *Poa* es marcadamente invernal.

Los pastos tiernos no presentan una tendencia clara, ellos están representados principalmente por *Paspalum notatum* (pasto horqueta), *Piptochaetium stipoides* Hack (flechilla), *Coelorhachis selloana* (cola de lagarto) y *Andropogon ternatus*. El pasto horqueta aumenta con la fertilización y tiene mayor participación al recubrimiento del suelo en los tratamientos con cargas más altas al ser una especie de porte postrado que prospera en tapices de baja altura. El *Piptochaetium stipoides* también incrementa su participación con la fertilización.

Los pastos ordinarios tienen menor participación al recubrimiento del suelo en los tratamientos fertilizados al aumentar la frecuencia de pastos tiernos y finos. Con la fertilización se reduce marcadamente *S. spicatum*, que es una especie de ambientes pobres ya que tiene el mismo comportamiento en mejoramientos de campos donde a medida que aumenta la fertilidad va disminuyendo su frecuencia hasta desaparecer.

Paspalum plicatulum también disminuye con la fertilización, aunque esta disminución puede estar ligada a un aumento de su apetecibilidad ya que sus hojas permanecen verdes por períodos mayores que en el campo sin fertilizar. *Bothriochloa laguroides* (DC.) Herter tiene mayor frecuencia en el tratamiento fertilizado y carga baja, particularmente en primavera y verano, quizás relacionado con una baja apetecibilidad. Las ciperáceas prosperan con la fertilización y toman importancia en el invierno, en condiciones de humedad.

Por otro lado, las hierbas enanas representadas por los macachines, aumentan su participación en invierno y con la fertilización; es un grupo integrado por numerosas especies pero con baja frecuencia. Son mas

frecuentes en la carga alta, con tapíz más bajo, donde prosperan al ser plantas de bajo porte. Las malezas de campo sucio tienen una escasa participación y no aparentan aumentar con la fertilización; están representadas por *Baccharis coridifolia* DC. (mio-mio), *B. trimera* (Less.) DC. (carqueja) y *Heimia sp.* Link (quebra arado) (Berretta et al., 1998).

En cuanto al hábito de vida de las pasturas, hay una tendencia a haber fluctuaciones entre años en la producción por diferencias en la frecuencia y cantidad de precipitaciones. En años con condiciones pobres de crecimiento la producción de forraje de especies anuales es más baja que la producción de las perennes (Young et al., citados por Young et al., 1999). A la inversa, en años con buenas condiciones de crecimiento la producción de plantas anuales es mayor (Young et al., 1999).

También se sabe que bajos niveles de nitrato en el suelo tiene influencia en la competitividad de pastos anuales y perennes (Eckert et al., citados por Young et al., 1999). Los pastos anuales son grandes consumidores de nitrógeno (Kay y Evans, citados por Young et al., 1999), mientras que los pastos perennes nativos han evolucionado en ambientes con limitada cantidad de N. Algunos estudios mostraron que la fertilización con nitrógeno mejora la competitividad de los pastos anuales a expensas de las plántulas de las especies perennes. Estas perturbaciones de sustitución de perennes por anuales, aumentarán la mineralización de nitrógeno que probablemente tendrá el mismo efecto (Young et al., 1999).

Ayala y Carámbula (1994) reportan la presencia de gramíneas anuales invernales, en especial *Gaudinia fragilis* (L) P. Beauv. y *Vulpia australis*, (Nees ex Steud) C.H. Blom que con el solo agregado de N registraron un marcado aumento, el cual se manifestó por una intensa floración de las mismas.

Respecto al efecto residual del nitrógeno Cardozo et al. (2008) observaron que a tres años de la última fertilización en los tratamientos con dosis mayores de nitrógeno se mantiene una mayor contribución de especies anuales. Esto indicaría una degradación de la pastura y desestabilización de las comunidades naturales al existir sustitución de especies perennes por anuales.

2.3.4 Eficiencia de utilización del nitrógeno

La respuesta total anual del campo natural a la aplicación del nutriente, bajo régimen de fertilización fraccionada estacional, muestra un comportamiento positivo. Se debe destacar así mismo que la respuesta a la fertilización nitrogenada es muy variable entre años. Dichas variaciones referentes a disponibilidad y eficiencia del nitrógeno son menores en condiciones de aplicaciones suficientemente fraccionadas para minimizar las pérdidas (Ayala y Carámbula, 1994).

La respuesta al agregado de nitrógeno es variable entre tipos de campo, presentando valores bajos en tapices estivales en invierno de 1,5 kg MS/kg N, mientras que en primavera y en verano aumentan 14 kg MS/kg N (Ayala y Carámbula, 1994).

Para campos de Basalto Berretta et al. (1998) reportan respuestas de 7,5 kg MS/kg N en el primer año y de 22,3 y 23,0 kg MS/kg N en los dos años siguientes.

Zanoniani (2009) obtuvo eficiencias de fertilización de 16 kg MS/Kg N, similares a las encontradas en pasturas sembradas.

2.3.5 Efecto del nitrógeno en la producción animal

Los suelos sobre campo natural son generalmente deficientes en fósforo, potasio y nitrógeno y en algunos microelementos. Niveles bajos de nutrientes determinan baja productividad del campo natural, lo que se ha reflejado en menores % de parición, ganancia de peso y consecuentemente menor producción de carne por hectárea. La fertilización en campo natural tiene efecto positivo como en cualquier otro tipo de pastura (Gomes et al., 2000).

En términos de producción animal debe considerarse la mejora en calidad por el aumento en el contenido de N del forraje y por el paulatino afinamiento de las pasturas que este manejo puede ir provocando (Zamalvide, 1998). El contenido de fibra detergente neutro (FDN) de un forraje está negativamente correlacionado al máximo consumo voluntario de forraje. Por lo tanto la FDN es un buen indicador del potencial de consumo de una dieta, ya que nos indica la densidad de un alimento. Las gramíneas estivales más apetecidas presentan en general mayor proporción esclerénquima, vaina mesotomática y tejido vascular (componentes indigestibles que componen la fibra) que las invernales más apetecidas y esta diferencia es más notoria en los pastos duros (Ferrés, 1982).

En las regiones más importantes de ganadería del país se destaca la alta producción de carne bajo mejoramiento de campo con leguminosas y fertilización, entre 406 y 485 kg carne/ha (Carámbula, 1996).

Con 200 Kg de N se pudo llegar a 697 Kg PV/ha, número bastante superior a la media del país de 70 Kg PV/ha. La primavera con alrededor del 30% de la estación de pastoreo es responsable por el 70% de la productividad animal (Gomes et al., 2000).

La fertilización nitrogenada a igual nivel de oferta de forraje (9,0 %PV) indica que existe un aumento tanto de la carga animal como de la dotación a medida que aumenta la dosis de fertilizante hasta aproximadamente 200 kg N/ha, con mayor pendiente hasta los 150 kg N/ha, lo cual está directamente relacionado con el aumento en la cantidad de forraje producido (Zanoniani, 2009).

La fertilización nitrogenada otoño invernal de campo natural permitió aumentar la acumulación anual de forraje y por lo tanto la receptividad animal sin afectar la performance individual, resultando en incrementos de los niveles de productividad secundaria (Rodríguez Palma et al., 2008b).

Los niveles de producto animal que se logran actualmente en los sistemas de producción ganaderos basados en la utilización de pasturas son sensiblemente inferiores (150-300 kg de peso vivo/ha/año) a los registrados en otras partes de mundo (500-1000 kg de peso vivo/ha/año), como por ejemplo Nueva Zelandia. Estas diferencias no pueden atribuirse al menor potencial productivo de los recursos forrajeros empleados localmente. Por un lado las especies utilizadas son las mismas y, por otro, el crecimiento anual y estacional de las pasturas típicas de ambas regiones productivas es similar (Mazzanti y Arosteguy, 1985), por lo cual el aumento en la producción de carne estaría explicado por el mayor nivel de insumos utilizados en las pasturas.

2.4 INTERACCIÓN NITRÓGENO-INTENSIDAD DE PASTOREO

Como se vio en los puntos anteriores, es claro el efecto del nitrógeno sobre el aumento en la producción de forraje, a su vez la intensidad de pastoreo puede estimular o reducir la producción. Como consecuencia resulta necesario

identificar combinaciones entre intensidad de pastoreo y nivel de nitrógeno para maximizar la productividad sin deteriorar la pastura.

Risso et al. (1998) trabajando con fertilizaciones de fósforo (P) y nitrógeno con distintas intensidades de pastoreo, concluyeron que niveles medios de fertilización N x P se tradujeron en mejoras productivas importantes en la vegetación. Esta nueva condición permite el empleo de una carga similar o 33% superior a la del campo natural, aumentando significativamente el comportamiento animal, por lo que resulta en importantes incrementos en la producción por hectárea. Esto también se manifiesta con cargas más elevadas, 1,5 UG/ha, cuando las condiciones ambientales son favorables para la pastura.

Boggiano et al. (1998) trabajando sobre campos de Rio Grande do Sul, Brasil, estudiaron el efecto de la oferta de forraje sobre la composición botánica combinado con la fertilización de nitrógeno en primavera-verano. Para el grupo botánico de las leguminosas se detectó un efecto negativo del N y positivo de la OF, siendo que la contribución aumenta al aumentar la OF. El grupo botánico de las gramíneas aumenta de 28% hasta un máximo de 58,8% en niveles de OF = 5,8% PV y N 170,0 Kg/ha. Las gramíneas reducen su cobertura al aumentar la OF y el N simultáneamente, presentando una respuesta opuesta al material muerto. Las gramíneas presentan respuesta positiva al aumento de N a bajas OF.

En el mismo estudio, para altos niveles de N, la reducción en la OF determina un aumento de la tasa de acumulación de materia seca verde en verano, explicado por la reducción en el sombreado de los horizontes inferiores del perfil que lleva a una mayor densidad de macollos (Boggiano et al., citados por Boggiano et al., 2000b), lo que significa un potencial de producción de hojas mayor. También la reducción en el sombreado reduce la senescencia de hojas, aumentando el tiempo de vida de las hojas,

contribuyendo para la manutención de un IAF mayor, y por lo tanto aumentando la tasa de acumulación de materia seca verde (TAMSV). A bajos niveles de N la TAMSV en el verano analizado aumenta con el aumento de la OF ya que mantiene un IAF mayor y así mayor acumulación de MS (Boggiano et al., 2000).

En invierno la TAMSV aumenta con el aumento de la OF y del N. Para el otoño e invierno analizados el efecto de la OF surge más nítido que para primavera y verano. En otoño el aumento de la TAMSV debido a la OF es casi el doble de la respuesta al N, o sea, en invierno la OF fue más importante en determinar la TAMSV. Aunque con una respuesta menor, el aumento de la TAMSV en invierno por el aumento del N es mayor a altas OF. La respuesta de la pastura a las interacciones entre OF y N es diferente entre estaciones. Para otoño e invierno la TAMSV aumenta al aumentar la OF y el N, mientras en las otras estaciones los resultados indican al N como variable determinante de la TAMSV, siendo que con alto nivel de N la TAMSV aumenta al reducir la OF y en los bajos niveles de N aumentan con el aumento de la OF (Boggiano et al., 2000b).

Zanoniani (2009) trabajando sobre suelos de la unidad San Manuel y utilizando diferentes OF y dosis de N aplicadas en otoño-invierno, ajustó un modelo de superficie de respuesta para producción invernal: $y = -1068,6 + 15,6 N + 236,7 OF - 0,02 N^2 - 0,96 OF \times N - 4,91 OF^2$. La máxima producción invernal estimada fue de 1650 kg MS/ha, lográndose con una dosis alta de nitrógeno (274 kg/ha) y la más baja oferta de forraje (4%PV). La tasa de crecimiento promedio de todos los tratamientos fue de 13,0 kg MS/ha/día, mientras que el valor más bajo de 5,6 kg MS/ha/día se correspondió con el tratamiento de 44 kg/ha de N y 5,5 % de OF y el más alto de 17,6 kg MS/ha/día correspondió a 150 kg/ha de N y 9,0 % de OF.

En cuanto a la producción invernal se ve en ambos estudios que hubo mayor producción de MS a altas dosis de N, pero en el caso de RS ésta se dio a mayores OF, mientras que para el estudio realizado en Uruguay la mayor producción de MS se dio a bajas OF. En primer instancia, la fertilización en RS se realizó en primavera-verano por lo que efecto del N en la producción invernal sería residual y por eso una mayor OF sería requerida para obtener mayor producción de MS. En Uruguay la fertilización es otoño-invernal por lo que el efecto del N se ve de inmediato en la estación. En segundo lugar, la mayor radiación a latitudes menores, provocando el sombreado de las hojas más viejas dado por una mayor OF, no afectaría de forma negativa la intercepción de radiación por la hojas más nuevas. Por lo contrario a mayores latitudes, un mínimo sombreado sí afectaría la menor radiación incidente interceptada por las hojas en el invierno.

2.5 FLUJO DE ENERGÍA

El flujo de energía dentro del sistema pastoril comprende la captura inicial de la energía solar por la vegetación que la convierte en energía química por la fotosíntesis en las células clorofiladas de las plantas. La ingestión de esta vegetación por los herbívoros determina la conversión de energía capturada por las plantas en producto animal (Nabinger, 1998).

La productividad primaria está limitada básicamente por dos categorías de “restricciones ecológicas”. La primera restricción hace referencia a la calidad de radiación solar que llega a la superficie de la tierra. Solamente alrededor del 45% de esta energía está comprendida en la región del espectro de radiación que es efectiva para la fotosíntesis (PAR = radiación fotosintéticamente activa = 400 a 700 nm) (Briske y Heitschmidt, 1991b).

La segunda categoría de restricciones ecológicas que limitan la productividad primaria abarca la disponibilidad de otros factores abióticos cuyo nivel puede impedir la máxima captura de energía solar. Agua, temperatura y nutrientes frecuentemente limitan el desarrollo del área foliar necesario para la máxima captura de radiación fotosintéticamente activa incidente. Son frecuentes las limitantes impuestas por factores abióticos a la máxima tasa de fotosíntesis, como es el caso de la baja disponibilidad hídrica y el bajo nivel de nutrientes disponibles (Briske y Heitschmidt, 1991b).

A su vez la productividad secundaria (producto animal/área) que es limitada por la disponibilidad de producción primaria, también es limitada por dos categorías de restricción. La primera concierne a la incapacidad de los herbívoros de consumir toda la producción primaria producida. La producción primaria varía enormemente en el tiempo y en el espacio, volviéndose difícil ajustar la densidad de animales a la fluctuación en la OF. De esta forma una parte de la producción primaria que excede a la demanda de los animales senesce tiempo después de su producción. Además la mayor parte de la producción primaria está constituida por partes no accesibles a los herbívoros, como raíces, coronas, rizomas y estolones, que pueden representar 60 a 80% de la producción primaria de biomasa (Sims y Singh, Stanton, citados por Nabinger, 1998).

La segunda categoría de restricciones a la productividad secundaria es la calidad nutritiva de la producción primaria. Esta es dependiente de las especies presentes en la comunidad vegetal pero también en la fracción de la planta que es considerada y de su edad, siendo también afectada por la disponibilidad de nutrientes. Independientemente de la calidad del forraje, una parte sustancial de la energía ingerida por los herbívoros es perdida como metano (rumiantes), orina y heces, y una proporción importante de la energía metabolizable es destinada al metabolismo basal. De esta forma solamente

alrededor del 10% de la energía ingerida estará disponible para la producción animal (Rode et al., citados por Nabinger, 1998).

El dilema básico de la explotación de los ecosistemas pastoriles a través del uso de herbívoros es la imposibilidad de optimizar la interceptación y la conversión de energía solar en producción primaria, simultáneamente con la máxima eficiencia de cosecha (Parsons et al., citados por Nabinger, 1998). Un pastoreo intenso asegura que la producción primaria disponible sea eficientemente cosechada pero puede reducir la producción posterior por la reducción en la captura de energía solar debido a la reducción en el área foliar. Por otro lado un pastoreo poco intenso puede permitir la optimización en la producción primaria pero una gran proporción no es consumida por los herbívoros y senesce, no transformándose entonces en producto animal (Nabinger, 1998).

Resultados de un experimento realizado en EEA/UFRGS en Río Grande do Sul, donde se estudió el efecto de diferentes presiones de pastoreo sobre el flujo y la eficiencia de transformación de energía (Maraschin et al., 1997), muestran que los valores energéticos decrecen a partir de la energía incidente, en cada nivel de transformación, mostrando claramente la baja eficiencia del proceso de transferencia dentro del sistema, pero también revela el gran potencial que prácticas de manejo tan sencillas como el mejor ajuste de la carga animal puede representar para mejorar esta eficiencia. La mayor OF en bajas presiones de pastoreo, al permitir un mayor excedente de forraje, determina necesariamente una mayor área foliar residual, lo que explica el creciente efecto en la eficiencia de transformación del PAR incidente en producción primaria, aumentando en más de 50% al pasar de una presión de pastoreo (PP) de 4% para 8% o más. La eficiencia de transformación del PAR incidente en producción secundaria, o sea en carne, prácticamente se duplica en el pasaje de 4% a 12%.

2.5.1 Efecto de la disponibilidad de nutrientes en la utilización de radiación para la formación de biomasa

El nitrógeno es probablemente el factor más importante en limitar la producción de biomasa permitida por las condiciones climáticas en ecosistemas naturales.

El efecto de un déficit en la nutrición nitrogenada se traduce de dos maneras distintas sobre el crecimiento en materia seca. Gastal y Saugier, citados por Nabinger (1998) observaron que 50% de la disminución del rendimiento con N0 en relación a N150, fue resultado directo de la reducción de la cantidad de PAR interceptado. Esto es consecuencia de una menor área foliar fotosintéticamente activa determinada por la disminución en la tasa de elongación foliar, en la tasa de macollaje y en la duración de vida de las hojas. Se puede resaltar que la nutrición nitrogenada tiene un efecto importante sobre la distribución de los asimilados, promoviendo una distribución prioritaria del carbono para la formación de parte aérea, resultando en mayor área fotosintéticamente activa. Al reducirse el crecimiento de las partes aéreas en una proporción más importante que la oferta en carbono el déficit de N permite un acumulo de carbono bajo forma de reservas y su utilización más importante en el crecimiento de raíces.

En cuanto al efecto de la disponibilidad hídrica, el déficit hídrico provoca una disminución en el crecimiento del área foliar lo que determina una disminución en la cantidad de energía interceptada. La propia eficiencia de conversión de esta energía es reducida por la disminución de la fotosíntesis de hojas sometidas a estrés hídrico y la repartición de asimilados para las raíces es aumentada (Durand et al., 1989).

2.6 DETERMINACIONES DE LOS NIVELES DE NITRÓGENO Y OFERTAS DE FORRAJE EXPERIMENTALES

Teniendo en cuenta los trabajos revisados, se llegó a las dosis de N aplicadas y las OF definidas. Las dosis de N se definieron en base a los resultados obtenidos por Zanoniani (2009) en el mismo sitio experimental de esta tesis. En ese trabajo la dosis de 120 Kg/ha de N estuvo dentro del rango de dosis con mayores efectos sobre la producción de forraje y a su vez no provocó la degradación del tapiz por la aparición de malezas anuales invernales como cardos y malezas enanas. El tratamiento de 60kg de N fue definido en base a resultados de Boggiano et al. (2005) pudiendo lograrse buena respuesta en producción de forraje invernal con esa dosis, eliminando el riesgo de degradación por invasión de especies nitrófilas. La OF fue definida en 6% PV para el invierno de modo de que los animales tuvieran una dieta de mantenimiento teniendo en cuenta la baja tasa de crecimiento (TC) en esta estación. La OF para la primavera fue definida en 10% PV. En estudios de Maraschin (1998) la optimización entre ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea (GHA) se da entre OF de 11 y 12 % PV para condiciones del sur de Brasil donde la composición del campo exige una OF más alta para permitir la selección de una dieta de mejor calidad por los animales. En nuestras condiciones, con mayor proporción de pastos finos, las OF óptimas para obtener las mayores GMD y GHA serían menores, por este motivo se fijó que la OF en primavera fuera de 10% PV.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

3.1.1 Localización y período de evaluación

El experimento se realizó en el potrero 18 de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) de la Facultad de Agronomía, ubicada en el Km 363 de la ruta General Artigas, departamento de Paysandú, Uruguay (32° 20' 9" latitud Sur y 58° longitud Oeste, 61 ms. n. m.). El período de evaluación del experimento fue invierno (28/05 al 31/08) y primavera (01/09 al 03/12) con un período de 20 días previo al inicio del experimento en el cual se llevó a cabo el acostumbramiento de los animales y entrenamiento de las técnicas a utilizar.

3.1.2 Información meteorológica

Para el presente trabajo se utilizó información meteorológica obtenida de la estación automática de la EEMAC, para realizar la caracterización climática del período de evaluación. También se consideró la evolución histórica de la temperatura media (Castaño et al., s.f.). Además se utilizaron los datos de precipitaciones y evapotranspiración para realizar un balance hídrico de Thornthwaite-Mather (Pereira, 2005). También se calculó la capacidad de almacenaje de agua del suelo del sitio experimental (Molfino, 2009), la cual fue de 86 mm.

3.1.3 Descripción del sitio experimental

El mismo se realizó sobre un campo natural, en un área destinada a la cría de ganado, manteniéndose como “campo virgen”, según sugiere la aparición de especies indicadoras que así lo caracterizan como *Bromus auleticus*, y *Dorstenia brasiliensis* (Rosengurtt, 1979).

3.1.3.1 Suelos

Los suelos del área experimental pueden ser caracterizados como Brunosoles eutricos típicos, encontrándose Solonetz como suelos asociados pertenecientes a la unidad San Manuel, conforme a la clasificación de suelos del Uruguay (Altamirano et al., 1976), desarrollados sobre lodolitas de la formación Fray Bentos (Bossi, 1969). El relieve es de pendientes moderadas y lomadas suaves (Durán, 1985).

Para determinar los niveles iniciales de fósforo, nitrógeno y carbono del suelo, se realizaron muestreos estratificados por horizontes de 0 a 2,5; 2,5 a 5,0 y de 5,0 a 15 cm de profundidad, realizándose los análisis en el laboratorio de suelos de la EEMAC.

A continuación se presentan datos promedios del análisis de suelo para otoño del 2012.

Cuadro No. 1: Análisis de suelo

Prof.	P ppm*	%C	NO3 ppm
0-2,5	14	6	12
2,5-5,0	11	5	7
5,0-15,0	11	4	6

*P Bray 1

Como se observa en el cuadro anterior el nivel de fósforo se encuentra por encima del nivel crítico fijado para las gramíneas ,10ppm (Bordoli, 1998), por lo cual no se corrigió el nivel de fósforo en el suelo. En el Anexo 1 se presenta el análisis detallado por parcela.

3.1.3.2 Vegetación

La vegetación dominante está formada por un estrato alto dominado por especies arbustivas del monte parque, característico de zonas cercanas al Río Uruguay, apareciendo *Acacia caven* Molina (espinillo) como dominante y *Prosopis affinis* Spreng (ñandubay) como especie asociada. En el estrato medio aparecen los renuevos pos-tala de las especies mencionadas anteriormente y otras especies subarbustivas como, *Baccharis coridifolia*, *B. punctulata* DC, *B. trimera*, *Eupatorium buniifolium* Hook ex Arn. y *Eryngium horridum* Malme entre otras. Conjuntamente con estas especies aparece un tapiz herbáceo como estrato bajo, conformado por una vegetación dominada por gramíneas, de variable valor pastoril, donde se destacan por su frecuencia y participación *Botriochloa laguroides*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum*, *Setaria geniculata* (Lam) Beauv. y *Paspalum plicatulum* como estivales y *Bromus auleticus*, *Piptochaetium stipoides*, *Stipa megapotamia* Spreng ex Trin, *S. setigera* como invernales. Como leguminosas asociadas se destacan *Desmodium incanum*, *Adesmia bicolor* y *Trifolium polymorphum*.

3.1.4 Antecedentes del potrero

El área experimental cuenta con historia de distintos manejos de carga y fertilización NP desde 2001 a 2004 (Zanoniani, 2009); y quedo sin fertilizar y bajo pastoreo homogéneo hasta 2012.

3.1.5 Animales

Se utilizaron novillos de sobreaño de la raza Holando, que al inicio del experimento tenían un peso promedio de 169 ± 18 Kg. Los animales fueron asignados al azar previa estratificación por peso vivo. A todos los animales se les realizó tratamiento sanitario externo e interno cuando correspondía.

3.1.6 Tratamientos

Se realizaron dos tratamientos, los cuales consistieron en la aplicación de 60 y 114 kg/ha de N bajo la forma de Urea.

3.1.6.1 Metodología

El fertilizante utilizado fue Urea granulada (fuente amoniacal). Para el tratamiento de alta dosis se realizaron dos aplicaciones, una a inicio del invierno y otra a inicio de primavera, mientras que para el tratamiento de baja dosis se realizó solo una aplicación a inicio del invierno. Los momentos de fertilización fueron del 4 al 8 de junio y del 27 al 31 de agosto.

3.1.7 Diseño experimental

El diseño experimental es en Bloques completos al azar con dos repeticiones en el espacio. Los bloques fueron definidos según posición topográfica de las parcelas.

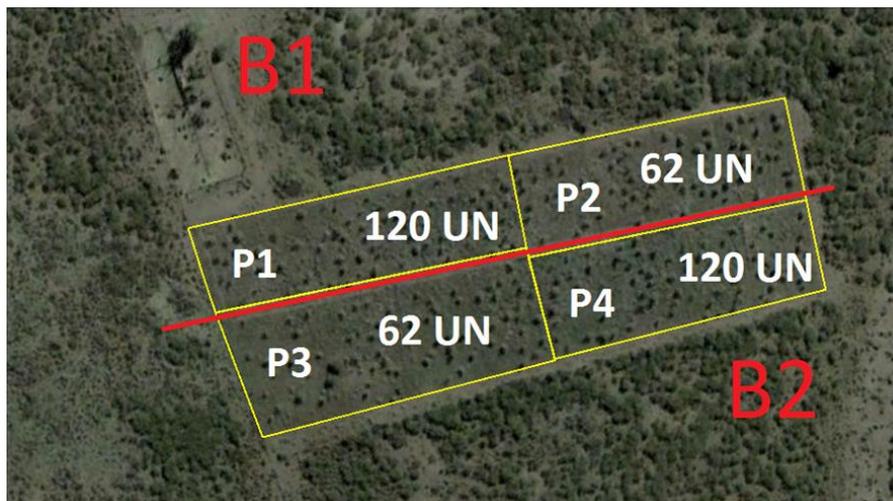


Figura No. 1: Croquis de la disposición de los bloques y tratamientos del diseño experimental.

Se definieron cuatro parcelas de tamaño similar (P1= 0,5 ha, P2= 0,52 ha, P3= 0,75 ha, P4= 0,57 ha) a las cuales se le asignaron los tratamientos según historia de fertilización. Se asignaron al conjunto de parcelas con niveles altos de nitrógeno, el tratamiento de dosis alta de N y al conjunto de parcelas con niveles bajos de N los tratamientos de dosis bajas.

3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.2.1 Manejo experimental

Se utilizó un sistema de pastoreo continuo con carga animal variable (Mott y Lucas, 1952) para ajustar la oferta de forraje según la estación del año.

Al inicio del experimento se asignaron tres animales por parcela y se manejaron al menos 2 tester, los cuales debían permanecer en su parcela

inicial durante todo el experimento, por lo cual el ajuste de carga se realizó solamente con los volantes lo que determinó, que en varias ocasiones, no se pudiera alcanzar la OF deseada por la permanencia obligada de los tester.

Este sistema de ajuste por OF llamado “put-and-take” se implementa porque para que comparaciones entre tratamientos sean viables, la presión de pastoreo tiene que ser uniforme para tratamientos y entre tratamientos de la pastura (Blaser et al., Lucas, Mott, Mott y Lucas, citados por Maraschin, 1993).

3.2.2 Determinaciones en la pastura

3.2.2.1 Estimación de la tasa de crecimiento del forraje

Para calcular la tasa de crecimiento del forraje (TC) se utilizaron jaulas móviles de exclusión del pastoreo Frame (1993), de 0,80 x 0,80 m., colocándose dos jaulas por parcela.

En cada instancia de muestreo se eligieron áreas representativas de la pasturas en cada parcela para la localización de las jaulas de exclusión. Para la colocación de las mismas se limpió un área del tamaño de las jaulas, realizando el corte con tijera de aro, dejando un remanente aproximado de un cm de altura. En cada instancia de muestreo se cambió la posición de cada jaula.

Para medir del crecimiento dentro de la jaula, se cortaron mensualmente dos rectángulos de 0,20x0,50 m dentro de cada jaula conformando una sola muestra, con la misma metodología descrita anteriormente. Además se realizaron tres determinaciones de altura con regla milimetrada, por rectángulo para determinar posteriormente la asociación materia seca-altura.

Las muestras fueron pesadas en fresco y en seco luego de permanecer en estufa de aire forzado, a 60°C durante 48hs, para la posterior determinación la producción en kg/ha de MS y la correspondiente tasa de crecimiento.

3.2.2.2 Estimación de la materia seca presente

Para la estimación de la materia seca presente (MSP) se aplicó el método de doble muestreo por escala visual (Haydock y Shaw, 1975) combinado con el método Botanal (Tohill et al., 1992). Este método permite la estimación de la contribución porcentual al forraje presente de especies y/o grupos previamente establecido. Para este trabajo se definieron cinco grupos: 1-Material muerto, 2- *Paspalum notatum*, 3- *Paspalum quadrifarium* Lam, 4-Gramíneas perennes estivales, 5-*Bromus auleticus*, 6-Gramíneas perennes invernales, 7-Malezas enanas, 8-Malezas de campo sucio.

Para determinar los Kg/ha de MS presente se probaron dos métodos, el de escala visual y el de medidas de altura del forraje. Para el método de escala visual se definieron cinco puntos para cada período de muestreo, en la cual el 1 representa la menor cantidad de forraje presente y el 5 la mayor. Para el método de altura de forraje se realizaron tres medidas de altura dentro de cada cuadro de escala visual. Para la determinación de altura se registraba el contacto de la hoja verde más alta Cayley y Bird (1991).

Se cortaron tres repeticiones por escala, con tijera de aro a un cm de altura desde el suelo, dentro de cuadros de 0,20 x 0,50 m. A las mismas se les determino el peso fresco y seco luego de permanecer en estufa de aire forzado a 60°C durante 48hs. Con el peso seco se calculó los kg/ha de MS.

Luego con los pares de valores de kg/ha de MS y altura del forraje y otra con kg/ha de MS y la escala visual, se ajustaron ecuación de regresión. En

base al coeficiente de determinación de las funciones se eligió el método de medición a efectos de ser utilizado en las estimaciones.

La metodología de trabajo consistió en muestreos sistemáticos utilizando cuadros de 0,20 x 0,50 m, asignándole un valor de escala, tomando tres medidas de altura y definiendo la composición botánica por grupo funcional. Esto se repitió 30 veces en cada parcela. Además se registraron sesenta medidas adicionales por parcela para la determinación de altura promedio de las mismas.

Se ingresaron los datos de altura o de escala en la planilla Botanal, según el método seleccionado junto con los parámetros de la función de regresión a y b de obteniéndose así los kg/ha de MS presente y por grupo.

3.2.2.3 Estimación de la materia seca disponible

La materia seca disponible (MSdis) se estimó mediante la suma de la MS presente al inicio de cada período más el crecimiento de MS del período ($TC \cdot \text{días del período}$).

3.2.2.4 Estimación de la materia seca desaparecida

La MS desaparecida (MSdes) se calculó restando a la MS disponible la MS presente del período siguiente.

3.2.2.5 Porcentaje de materia seca desaparecida

El porcentaje de materia seca desaparecida se calculó como el porcentaje de MSdes en relación al disponible. $MSdes\% = MSdes \cdot 100 / MSdis$

3.2.3 Determinaciones en los animales

3.2.3.1 Carga

Para determinar la carga en kg de peso vivo por ha (kg/PV/ha) se pesaron mensualmente los animales con previo ayuno de al menos 4 horas. Se llevó el dato de PV de la parcela a hectárea.

3.2.3.2 Unidades ganaderas por hectárea

Se define una unidad ganadera (UG) como una vaca de 380 Kg en mantención (Crempien, 2008). Para el cálculo de las UG se dividió el PV/ha entre 380 Kg para cada parcela.

3.2.3.3 Ganancia por animal

Para el cálculo de la ganancia por animal (g/a) en kilogramos por día (kg/a/día) se promedió por período la ganancia de los animales tester presentes en cada parcela. Esta se calcula restando el peso final y el inicial de cada animal en cada período y dividiéndola por los días del mismo. Cabe aclarar que esta variable fue corregida por el peso inicial de cada animal, utilizando el análisis de covarianza con el fin de comparar todos los animales con el mismo peso inicial promedio.

3.2.3.4 Ganancia por hectárea

La ganancia por hectárea (g/ha) diaria en kilogramos por hectárea por día (kg/ha/día) se determinó sumando la ganancia individual de los animales presentes en cada parcela y dividiéndola por la superficie de la misma. En los períodos y en las parcelas que por el ajuste de carga se introducía un animal (volante), se extrapola la ganancia individual de los tester al volante, teniendo en cuenta el peso del mismo y los días que este estuvo en la parcela.

3.2.4 Determinación de la oferta de forraje

La oferta de forraje (OF) se define como la asignación de materia seca cada 100 kg de PV animal. Para la determinación de las mismas, en cada período se sumó al forraje presente la TC del período anterior para estimar el forraje disponible y así el peso vivo por hectárea que debería haber en cada parcela. Al término del período se calculó la TC real del mismo y así la OF real. La carga fue ajustada sacando o agregando animales según los kilos necesarios para cubrir la oferta de forraje deseada, a estos animales se los denominó volantes.

3.2.5 Calidad del forraje consumido por los animales

Para determinar la calidad del forraje consumido por los animales se realizaron análisis de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y nitrógeno (N).

Las muestras fueron tomadas mediante el método de “Hand plucking” (Moseley y Moseley, 1993), tomando una muestra mínima de 200 gramos por parcela.

3.2.6 Evaluación indirecta de la productividad de la pastura

Para tener una evaluación indirecta de la productividad de la pastura se eligió el valor pastoral (VP) que permite jerarquizar las vegetaciones según su calidad, ya que este índice depende de la composición florística y del valor relativo de las especies (Delpech, Daget y Poissonet, citados por Berretta, 1988). El índice de calidad específica que traduce el interés zootécnico de las especies, de nuestras forrajeras nativas está basado en los tipos productivos (Rosengurtt, 1946, 1979).

3.2.7 Determinación de la composición botánica

Para llevar a cabo la descripción de la composición botánica del tapiz se utilizó el método de puntos en transectas (Berretta, 1989), instalándose cuatro transectas de 26 metros cada una por parcela. Dejando el primer metro de cada extremo como margen, se procedió a colocar una aguja cada 0,5 metros hasta completar 50 puntos por transecta, totalizando 200 puntos por parcela. Se anotaron todas las especies tocadas por la aguja, censándolas una sola vez en cada toque. A partir de dichos datos se obtiene la frecuencia relativa de cada especie en el área estudiada. Para analizar estos datos y relacionarlos con las variables de la pastura y animales se utilizó el método de análisis multivariado, donde se realizó un análisis de componentes principales (ACP) obteniéndose como resultado un biplot.

3.3 HIPÓTESIS

3.3.1 Hipótesis biológica

- La fertilización nitrogenada permite incrementar la producción de forraje.
- Este aumento permitirá incrementar la carga animal, resultando en una mayor producción de carne por hectárea.
- Además permite promover las especies de mejor tipo productivo lo cual contribuye al aumento de carga.

3.3.2 Hipótesis estadística

- $H_0: \mu_1 = \mu_2$
- $H_a: \mu_1 \neq \mu_2$

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.4.1 Modelo estadístico

El modelo corresponde a un diseño en bloques completos al azar (DBCA).

Para una medición:

- $Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + \xi_{ij}$

Siendo:

- Y = corresponde a la variable de interés
- μ = es la media general
- t_i = es el efecto de la i -ésimo tratamiento

- B_j = es el efecto del j-ésimo bloque
- ξ_{ij} = es el error experimental

Se realizó el análisis de varianza entre tratamientos y en caso de existir diferencias entre tratamientos, se realizó el análisis comparativo de medias utilizando LSD Fisher con una probabilidad del 10%.

Se estudiaron las relaciones funcionales entre altura, escala visual y kg/ha de MS presente, mediante ANOVA para la regresión.

Se analizó la asociación entre la composición botánica y la estructura de la vegetación con los niveles de nitrógeno de las parcelas, mediante técnicas multivariadas, de conglomerados y biplot.

Para mediciones repetidas en el tiempo:

- $Y_{ijk} = \mu + \zeta_i + \beta_j + \varepsilon(a) + Est_k + (\zeta \cdot Est)_{ik} + \varepsilon(b)$

Siendo:

- Y = variable de interés
- μ = media general
- ζ_i = efecto de la i-ésima dosis
- β_j = efecto del j-ésimo bloque
- Est_k = efecto de la estación
- $\varepsilon(a)$ = error de tratamientos
- $\varepsilon(b)$ = error de las medidas repetidas

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

4.1.1 Temperatura

En la figura No. 2 se presenta la evolución de las temperaturas media, máxima y mínima ocurridas de mayo a diciembre del 2012, así como la serie histórica 1980-2009 en dichos meses.

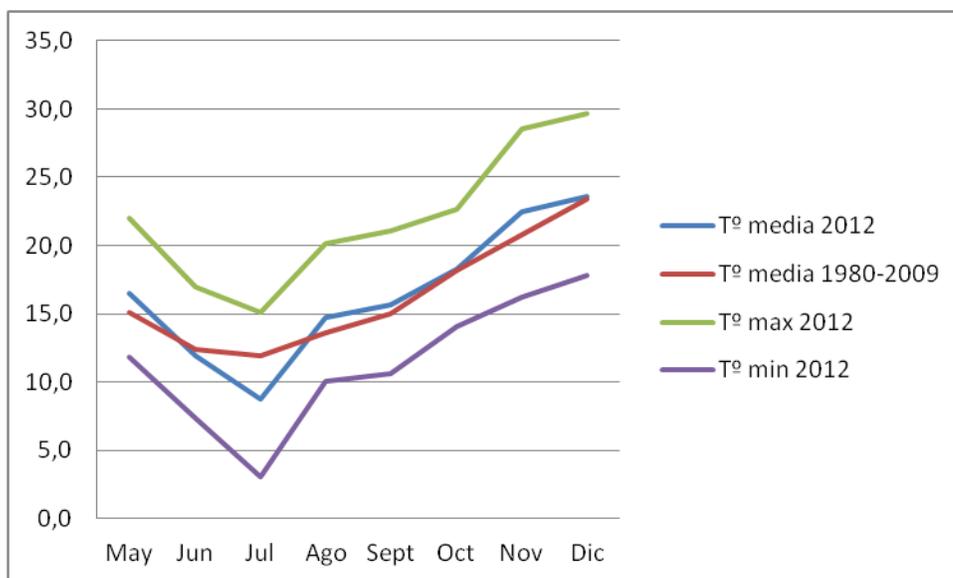


Figura No. 2: Temperaturas máximas, mínimas y medias entre mayo y diciembre de 2012 y medias de los mismos meses para el período 1980-2009

Como puede observarse en la figura anterior las temperaturas promedio ocurridas en 2012 fueron similares a las históricas (promedio 1980-2009), con un leve aumento de 1 a 2 °C en el mes de mayo y de agosto a diciembre,

mientras que en junio y julio se notó un descenso por debajo de la media histórica, siendo en este último mes de 3°C.

4.1.2 Precipitación

En la figura No. 3 se presentan las precipitaciones mensuales de mayo a diciembre del año 2012, así como el promedio histórico (1980-2009) en cada mes.

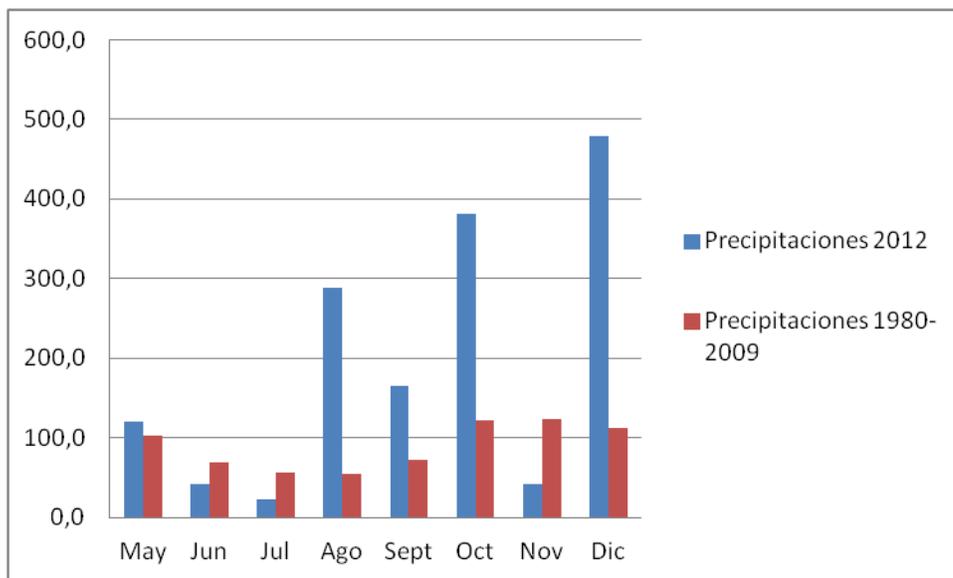


Figura No. 3: Precipitaciones acumuladas mensuales e históricas (1980-2009) en milímetros

Como se observa en la figura anterior existen diferencias claras en las precipitaciones en el año del experimento en comparación al promedio histórico. Si bien en el mes de mayo se observó un régimen de precipitaciones similar a la serie histórica, en los meses de junio, julio y noviembre las precipitaciones fueron inferiores (40, 60 y 65% respectivamente), pero las diferencias más

notorias se observan en los meses de agosto, septiembre y octubre, donde las precipitaciones fueron muy superiores a la media histórica (423, 130 y 215% respectivamente).

4.1.3 Evolución de la temperatura media y el agua en el suelo

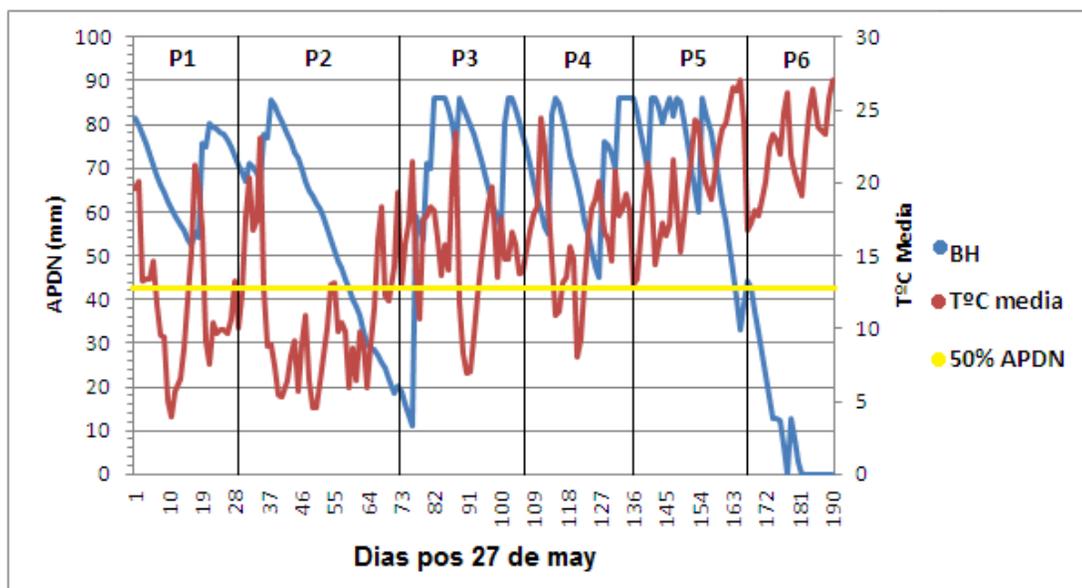


Figura No. 4: Evolución del agua disponible en el suelo y temperatura media para el período en evaluación

En la figura No. 4 se observa el Balance hídrico del suelo para el período de estudio y su relación con la temperatura media del 2012. En el mismo se observa que en los períodos 2, 3, 5 y 6 se alcanzaron valores de APDN menores al 50% destacándose puntos de mayor déficit a fines del período 2, inicio del período 3 y todo el período 6, en el cual el suelo se secó totalmente. Esta baja disponibilidad hídrica podría estar afectando la tasa de elongación foliar y de forma mucho más marcada la tasa de aparición de macollos según lo dicho por Morales et al., citados por Nabinger (1998).

Además en el período 2 a medida que el APDN decrecía, también lo hizo la temperatura alcanzando las medias más bajas y luego aumentó cuando el APDN fue mínimo. En cambio en el período 6 el déficit hídrico se corresponde con las temperaturas medias más altas del período. En cuanto al período 4 y 5 se observan las mejores condiciones para ambas variables.

En varios puntos se llegó a la capacidad máxima de almacenaje de agua por lo cual el excedente se estima que escurrió superficialmente. Se debe destacar que estos valores son orientativos, debido a que no se consideró el consumo de agua de la pastura por no haber datos de kc disponibles.

Teniendo en cuenta lo reportado por Cooper y Tainton (1968) que las especies con metabolismo C3 como *Lolium multiflorum*, presentan un óptimo de actividad fotosintética a 20°C de temperatura se puede concluir que en los períodos 1, 2, 3 y 4 ésta limitó el crecimiento potencial de las mismas, ya que las temperaturas promedio fueron 11,7; 10,7; 15,1; y 16,3°C respectivamente. Sin embargo, en todo el período evaluado la temperatura media fue superior a la temperatura base de las C3 (5°C) y recién comienza a cubrir los requerimientos para algunas C4 a partir del período 3 (15-20°C). Tampoco fue afectada la tasa de aparición foliar de las C3 ya que las mismas presentan una temperatura base de 3 a 5 °C. En cuanto a las especies C4 como el *Paspalum dilatatum* y *Paspalum notatum*, se puede concluir que a partir del período 4 la temperatura no limitó el rebrote de las mismas, ya que la tasa fotosintética neta se mantiene muy baja a 15°C, aumentando rápidamente hasta 35°C, dándose las mejores condiciones para estas especies en los períodos 5 y 6 (20,1 y 22,1°C respectivamente). En cuanto a la tasa de aparición foliar de estas especies, tampoco se vio limitada en todo el período ya que la misma presenta una temperatura base de 8 a 9°C (Lemaire y Agnusdei, 1999).

4.2 ANÁLISIS DEL PERÍODO TOTAL

A continuación se presenta el efecto del nitrógeno sobre las variables de la pastura y variables animales analizadas en todo el período de estudio

4.2.1 Variables de la pastura

Cuadro No. 2: Efecto del nitrógeno sobre las variables de la pastura para el período total de estudio, materia seca presente (MSP), materia seca disponible (MSdis), materia seca desaparecida (MSdes), materia seca desaparecida como porcentaje de la MSdis (MSdes%), producción total (Prod tot) y tasa de crecimiento (TC)

N	MSP (kg/ha)	MSdis (kg/ha)	MSdes (kg/ha)	MSdes% (%)	Prod tot (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
114	852 A	1648 A	953 A	57,8 A	3830 A	20,3 A
60	911 A	1567 A	781 A	49,0 A	3254 A	17,2 A

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,1\%$). Los cuadros de ANOVA para todas las variables se encuentran en el Anexo 4.

No se encontró efecto significativo en ninguna de las variables de la pastura y de respuesta animal (cuadro No. 2 y No. 3 respectivamente). Esto se puede deber a la gran variabilidad de los datos en todo el período de análisis, determinando que no se detecten diferencias significativas entre los tratamientos. A pesar de esto se destaca la mayor TC y producción total en el tratamiento N114, la cual fue 17% superior, determinando un mayor forraje disponible.

Según Berreta et al. (1998), la incorporación anual de 92 y 44 kg/ha de N y P respectivamente, permite incrementar la producción de forraje con una eficiencia de 7,5 kg de MS por kg de nutriente en el primer año y de 22,3 y 23 kg de MS por kg de nutriente en los dos años siguientes. De esto puede estimarse que probablemente el efecto del N sobre la producción de forraje hubiese sido mayor en los años siguientes de fertilización. El aumento del nivel trófico del suelo por el agregado de N y P produce un incremento en la producción y calidad de las pasturas naturales. Este proceso es relativamente lento, registrándose, a partir del primer año de las aplicaciones diferencias que aumentan a medida que continúa el agregado de nutrientes (Berretta et al., 1998).

4.2.2 Variables animales

Cuadro No. 3: Efecto del nitrógeno sobre las variables animales para el período total de estudio Carga (kg/PV/ha), unidades ganaderas (UG), oferta de forraje (OF), ganancia por hectárea (g/ha) y ganancia por animal (g/a)

N	Carga (kgPV/ha)	UG	OF (%PV)	g/ha (kg/ha/día)	g/a (kg/a/día)
114	780 A	2,05 A	7,25 A	0,26 A	0,10 A
60	737 A	1,94 A	7,20 A	0,35 A	0,16 A

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,1\%$)

Como se mencionó anteriormente no hubo efecto significativo de las dosis de nitrógeno en ninguna de las variables animales. Al lograrse un buen ajuste en la OF entre tratamientos y al no haber diferencias en la producción de forraje, era esperable que la carga animal no sea diferente ya que la misma depende de estas dos variables. A su vez esta ausencia de diferencias en la

carga y al no encontrarse diferencias significativas en la g/ha y g/a tampoco estaría indicando un cambio en la calidad del forraje producto de la mayor fertilización. La menor g/a en el tratamiento N114 respecto a N60 esta explicada por el ajuste invernal de la OF en una de las parcelas de este tratamiento el cual ocasiono importantes pérdidas de peso en dicha estación. Lo mismo se detalla más adelante.

4.3 ANÁLISIS ESTACIONAL

A continuación se presentan los cuadros resúmenes de los efectos estacionales del nitrógeno, período e interacción período por nitrógeno en las variables vegetales estudiadas.

4.3.1 Variables de la pastura

4.3.1.1 Efecto del nitrógeno

Cuadro No. 4: Efecto del nitrógeno para un periodo de la estación promedio en las variables de la pastura, materia seca presente (MSP), materia seca disponible (MSdis), materia seca desaparecida (MSdes), materia seca desaparecida como porcentaje de la MSdis (MSdes%), producción total (Prod tot) y tasa de crecimiento (TC)

N	MSP (kg/ha)	MSdis (kg/ha)	MSdes (kg/ha)	MSdes% (%)	Prod tot (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
114	851 A	1648 A	952 A	57,5 A	1915 A	20,3 A
60	909 A	1566 A	780 A	49,5 A	1627 B	17,3 B

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,1$)

Los resultados del cuadro anterior muestran el efecto de cada tratamiento sobre los promedios estacionales de cada variable estudiada. Para las variables MSP, MSdis, MSdes y MSdes% no se encontraron diferencias significativas entre las dosis de nitrógeno, sin embargo, si se encontraron diferencias en TC, consecuencia de la mayor producción total de forraje, siendo N114 un 17% superior a N60. Este aumento podría deberse al efecto positivo de los mayores niveles de nitrógeno sobre la fisiología y morfología de las plantas forrajeras según lo reportado por Wilman y Wright (1983), Whitehead (1995) incrementando la tasa de elongación laminar (TEL), y principalmente aumentando la densidad de macollos, la cual se ve favorecida por la mayor tasa de aparición foliar (TAF) (Mazzanti et al., 1994). La respuesta de la pastura en términos de crecimiento es fuertemente afectada por las condiciones del medio ambiente, por lo cual podría suponerse que dichas medias estuvieron afectadas por la muy marcada deficiencia hídrica a fines de primavera. Por lo tanto además de la mayor producción podría haberse esperado una mayor diferenciación entre las medias de ambos tratamientos. Según Ayala y Carámbula (1994) la eficiencia en la utilización del nitrógeno es muy baja en invierno (1,5 kg de MS por kg de N) mientras que en primavera y en especial en verano se constatan los mejores registros (14 kg de MS por kg de N).

4.3.1.2 Efecto del nitrógeno en los períodos del invierno y primavera

Para entender lo que paso en los períodos dentro de cada estación se presenta a continuación el análisis por período dentro de la estación invernal y primaveral.

Cuadro No. 5: Efecto del nitrógeno para un período promedio del invierno en las variables de la pastura, materia seca presente (MSP), materia seca disponible (MSdis), materia seca desaparecida (MSdes), materia seca desaparecida como porcentaje de la MSdis (MSdes%), producción total (Prod tot) y tasa de crecimiento (TC)

N	MSP (kg/ha)	MSdis (kg/ha)	MSdes (kg/ha)	MSdes% (%)	Prod tot (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
114	1314 A	1697 A	964 A	57,6 A	382 A	10,6 A
60	1356 A	1728 A	907 A	54,5 A	372 A	10,4 A

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,1$)

No hubo efecto significativo del nitrógeno entre los tratamientos, lo cual era esperable ya que las dosis de N en esta estación fueron las mismas.

Es de destacar la TC del forraje con este nivel de fertilización, que a pesar de que pudo estar limitada por condiciones de baja temperatura y humedad en el suelo, fue superior a 4,4 kg/ha/día, reportada por Boggiano et al. (2005) para campo natural en invierno sin fertilizar.

A continuación se presenta el efecto del nitrógeno en los períodos de primavera.

Cuadro No. 6: Efecto del nitrógeno para un período promedio de primavera en las variables de la pastura, materia seca presente (MSP), materia seca disponible (MSdis), materia seca desaparecida (MSdes), materia seca desaparecida como porcentaje de la MSdis (MSdes%), producción total (Prod tot) y tasa de crecimiento (TC)

N	MSP (kg/ha)	MSdis (kg/ha)	MSdes* (kg/ha)	MSdes% (%)	Prod tot (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
114	663 A	1557 A	860 A	54 A	894 A	31,8 A
60	693 A	1405 A	626 B	43 B	712 B	25,6 B

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,1$).
*($p < 0,05$)

Como se observa en el cuadro No. 6 hubo un mayor efecto de la dosis alta de nitrógeno en MSdes, MSdes%, Prod tot y TC.

Al no encontrarse diferencias significativas en la OF y en la carga animal (cuadro No. 14), las diferencias en desaparecido podrían estar dadas por diferencias en el consumo animal entre ambos tratamientos determinado por mayor calidad de la pastura. Sin embargo, al no detectarse diferencias en la calidad de la misma entre ambos tratamientos, la diferencia en desaparecido está explicada por la mayor carga que presentó el tratamiento N114 respecto a N60, la cual fue de 134kg más, a pesar de no detectarse diferencias estadísticas entre los mismos. Esta mayor carga a igual OF determina mayor consumo de forraje total y por lo tanto mayor MS desaparecida. Al no encontrarse diferencias en la MSdis y en OF, y si en la TC, la cual fue 24,2% superior en el tratamiento N114, la MSdis en este tratamiento presenta mayor proporción de MS del crecimiento, la cual si es de mejor calidad, reflejándose esto en la mayor MSdes% y en las mayores ganancias individuales (cuadro No. 14).

4.3.1.3 Efecto de la estación

A continuación se presenta el efecto promedio de cada estación.

Cuadro No. 7: Efecto estación, como período promedio, sobre las variables de la pastura, materia seca presente (MSP), materia seca disponible (MSdis), materia seca desaparecida (MSdes), materia seca desaparecida como porcentaje de la MSdis (MSdes%), producción total (Prod tot) y tasa de crecimiento (TC)

Est	MSP (kg/ha)	MSdis (kg/ha)	MSdes (kg/ha)	MSdes% (%)	Prod tot (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
Inv	1069 A	1752 A	1009 A	57,7 A	926 B	9,7 B
Prim	692 B	1462 B	724 B	49,2 B	2616 A	27,8 A

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Como se observa en el cuadro No. 7 se encontraron diferencias significativas en el forraje presente y disponible, siendo ambas variables mayores en invierno. Este mayor MSP se explica por el forraje diferido del otoño al invierno, determinando también las diferencias en MSdis ya que la TC tuvo menor peso en esta variable. Boggiano et al. (2000b) afirman que en invierno con altos niveles de N, el aumento en la OF determina un aumento en la tasa de acumulación de MS verde. En este caso, a pesar de la baja OF asignada en esta estación, pudo haberse dado esta acumulación de MS verde debido a la alta cantidad de forraje diferido del otoño, hasta que la desaparición de este forraje diferido permita capturar el forraje verde acumulado. Sin embargo esta acumulación podría haberse dado de forma más lenta producto de la menor TC, la cual se ve limitada por la calidad de la luz interceptada debido al sombreado. Esta baja luminosidad incidente sumada a las bajas temperaturas invernales

determinan que estas nuevas hojas formadas tengan menor eficiencia fotosintética, según lo dicho por Prioul et al., citados por Nabinger (1996).

El forraje desaparecido fue un 17,3% mayor en invierno que en primavera. La menor OF en invierno (cuadro No. 3) podría derivar en mayor carga en esta estación, explicando el mayor porcentaje de forraje desaparecido, pero no se encontraron diferencias significativas en dicha variable. Por lo tanto el mayor % de desaparecido podría relacionarse al mayor forraje presente y disponible en esta estación, lo cual determina o mayor consumo, por mayor peso de bocado, y por lo tanto mayor % de desaparecido, o mayor desaparecido por pisoteo del forraje.

La producción total de forraje fue un 139% mayor en primavera que en invierno, debido a una mayor tasa de crecimiento, la cual fue un 187% superior. Esto se debe a las mejores condiciones climáticas para el crecimiento vegetal en dicha estación. La temperatura media desde el inicio a mediados del invierno se encontró por debajo de la media histórica, con un promedio de 13°C para toda la estación. Como se observa en la figura No. 2, las temperaturas mínimas también presentaron una caída en el invierno, alcanzando en julio valores por debajo de 5°C, temperatura en la cual se detiene el crecimiento vegetal en gramíneas C3 (Cooper y Tainton, 1968), registrándose diez heladas agrometeorológicas. Estas bajas temperaturas fueron acompañadas de un descenso en el APDN, alcanzando niveles inferiores al 50%. Luego se produjo un aumento de la temperatura pero el APDN siguió la misma tendencia hasta fines del invierno. Esto indicaría que además de las bajas temperaturas y los bajos niveles de radiación en esta estación, el déficit hídrico ocurrido pudo limitar la producción de forraje.

A pesar de que el APDN a fines de primavera también se encontró por debajo del 50%, la buena disponibilidad hídrica y las altas temperaturas

ocurridas en los primeros meses de esta estación, así como los altos niveles de radiación, proporcionaron condiciones óptimas para el crecimiento de la pastura que contribuyó a la mayor producción estacional.

4.3.1.4 Efecto del período dentro de las estaciones invierno y primavera

Cuadro No. 8: Efecto período dentro de la estación invernal para las variables de la pastura, materia seca presente (MSP), materia seca disponible (MSdis), materia seca desaparecida (MSdes), materia seca desaparecida como porcentaje de la MSdis (MSdes%), producción total (Prod tot) y tasa de crecimiento (TC)

Per	MSP (kg/ha)	MSdis (kg/ha)	MSdes (kg/ha)	MSdes% (%)	Prod tot (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
1	2161 A	2359 A	933 AB	39,2 B	197 B	6,8 B
2	1425 B	1743 B	1323 A	76,2 A	318 AB	7,5 AB
3	419 C	1036 C	550 B	52,7 B	616 A	17,0 A

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Cuadro No. 9: Efecto período dentro de la estación primaveral para las variables de la pastura, materia seca presente (MSP), materia seca disponible (MSdis), materia seca desaparecida (MSdes), materia seca desaparecida como porcentaje de la MSdis (MSdes%), producción total (Prod tot) y tasa de crecimiento (TC)

Per	MSP (kg/ha)	MSdis (kg/ha)	MSdes* (kg/ha)	MSdes% (%)	Prod tot (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
4	485 B	1223 B	530 B	42,5 A	738 B	26,4 B
5	693 AB	1866 A	1110 A	53,5 A	1173 A	39,0 A
6	856 A	1354 B	689 AB	50,2 A	498 B	20,7 B

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)
*($p < 0,1$)

Separando los períodos por estación se puede observar que en el invierno el forraje desaparecido se corresponde en su mayoría al diferido del otoño ya que la producción total de MS fue muy baja. En el período 3 esta situación comienza a revertirse, tomando mayor peso el forraje producido en el desaparecido, situación que se repite hasta el período 5. En el período 6, debido a lo explicado en la figura No. 4, la TC baja y vuelve a tomar mayor importancia en el desaparecido el diferido del período anterior. Esto explica la caída de la MSP en los períodos de invierno y un posterior aumento en los períodos de primavera.

Aunque los desaparecidos en primavera hayan sido inferiores a los desaparecidos en los meses de invierno, explicado por las mayores OF que determinaron menor carga, la ganancia por animal fue superior (cuadro No. 23), debido al mayor consumo individual y a la mejor calidad de la pastura en esta estación.

4.3.1.5 Efecto de la interacción estación por nitrógeno

A continuación se presenta el efecto estacional de la interacción período por nitrógeno en producción total y TC.

Cuadro No. 10: Efecto estacional de la interacción periodo por nitrógeno en producción total (Prod tot) y tasa de crecimiento (TC)

N	EST	Prod tot** (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
114	Inv	934 C	9,8 C
60*	Inv	918 C	9,7 C
114	Prim	2896 A	30,8 A
60*	Prim	2336 B	24,8 B

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,1$)

*60kg de N (corresponde a la primera aplicación del tratamiento N114)

**Para un período promedio de cada estación

Para la variable tasa de crecimiento y producción total hubo interacción entre el nivel de nitrógeno y la estación.

En invierno no se observa la interacción ExN lo cual es esperable debido a que las dosis de N en dicha estación son las mismas, pesando solamente el efecto período. El mismo se observa claramente comparando los tratamientos de invierno con N60 en primavera, destacándose un aumento de 54,35% en la producción de forraje. Luego, con la segunda aplicación de N en primavera en el tratamiento N114, si se observa el efecto de la interacción ExN, con una mayor producción del tratamiento N114 respecto a N60 (24,2%) en dicha estación. La mayor diferencia en producción de MS se vio entre la dosis 60 de invierno y 114 de primavera, con un 216% de aumento en esta última.

Zanoniani (2009) trabajando sobre suelos de la unidad San Manuel y utilizando diferentes OF y dosis de N, ajusto un modelo de superficie de respuesta para producción invernal: $y = -1068,6 + 15,6 N + 236,7 OF - 0,02 N^2 - 0,96 OF \times N - 4,91 OF^2$. Utilizando esta ecuación con los datos de invierno del presente trabajo (6,1% de OF y 60 Kg de N/ha) se obtiene una producción

de 7,8 Kg de MS/ha/día, el cual es inferior al valor real obtenido en el presente experimento de 9,7 Kg MS/ha/día. Esta diferencia podría atribuirse a la mejor eficiencia de utilización del N debido al efecto año o probablemente haya tenido mayor efecto el tipo de pastoreo. Ese modelo de producción invernal se desarrolló bajo pastoreo rotativo. Según lo reportado por Parsons (1988) esto implica que a bajo IAF la eficiencia fotosintética sea menor, debido a la mala calidad de la luz en que las hojas fueron formadas, alto IAF. Sin embargo en condiciones de pastoreo continuo, a bajo IAF, las hojas nuevas son generadas en condiciones de alta luminosidad por lo que la eficiencia fotosintética es mayor.

4.3.2 Variables animales

A continuación se presentan los cuadros resúmenes de los efectos estacionales del nitrógeno y estación en las variables animales estudiadas.

4.3.2.1 Efecto del nitrógeno

Cuadro No. 11: Efecto estacional del nitrógeno en las variables carga (kg/PV/ha), unidades ganaderas (UG), oferta de forraje (OF), ganancia por hectárea (g/ha) y ganancia por animal (g/a)

N	Carga (kg/PV/ha)	UG	OF (%PV)	g/ha (kg/ha/día)	g/a (kg/a/día)
114	780 A	2,0 A	7,25 A	0,43 A	0,14 A
60	737 A	1,9 A	7,20 A	0,45 A	0,19 A

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

No se encontró efecto significativo del nitrógeno para ninguna de las variables animales estudiadas. Como se mencionó anteriormente para el efecto estacional del nitrógeno en el forraje presente, disponible y desaparecido, no se encontraron diferencias significativas, por lo cual es esperable que no hubiese efecto en la carga animal, OF y UG. La G/ha y g/a tampoco se vieron afectadas por la dosis de nitrógeno lo que sugiere que no hubo una mejora en la calidad del forraje explicada por el nitrógeno como se observa en el cuadro No. 12.

Cuadro No. 12: Efecto del nivel de nitrógeno en el contenido porcentual de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) de la MSP

N	%PC	%FDN	%FDA
114	14,8 A	53,5 A	23,0 A
60	13,9 A	53,0 A	23,9 A

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,1$)

Como puede observarse no hubo efecto significativo entre las dosis de nitrógeno en cuanto a la calidad del forraje. Tomando la FDA como un indicador de la digestibilidad del forraje, es probable que no haya habido diferencias en dicha variable, lo cual se corresponde con lo reportado por Ayala y Carámbula (1994), quienes observaron que la aplicación de N, P o K no afecta en general la digestibilidad del campo nativo, aunque se observa una tendencia favorable en los tratamientos que incluyen nitrógeno especialmente en las gramíneas. Lo mismo fue reportado por Pinto y Costa (1998), donde no se encontraron diferencias significativas en cuanto a la calidad del forraje (PC y digestibilidad) entre los tratamientos de 0, 50, 100 y 200, observando una tendencia de los tratamientos más altos a la mejora de la misma. Sin embargo Bemhaja et al. (1998) encontraron que la calidad del forraje mejora con el agregado del N

bajando la fibra y aumentando la PC. Los valores reportados son de 9,25% PC, 73,95 % FDN y 39,25% FDA para el tratamiento sin fertilizar y de 13,45% PC, 66,7% FDN y 35,4% FDA para el tratamiento 120 Kg/ha N. Estos últimos valores son similares a los datos obtenidos con la dosis de 80Kg/ha N y se acercan a los valores obtenidos en este trabajo, tomando valores menores para la fibra y mayores para PC. Se debe tener en cuenta que los datos reportados por Bemhaja et al. (1998) son promedios anuales obtenidos de cortes y los de este experimento se obtuvieron en invierno y primavera y a través del método “Hand plucking” (Moseley y Moseley, 1993) por lo que los valores se podrían ver afectados a favor de la mejor calidad en este experimento.

Con esto se podría decir que con dosis de 60 Kg/ha N se aumenta la calidad del forraje y se obtienen valores similares a la dosis de 114 Kg/ha N.

4.3.2.2 Efecto del nitrógeno en los períodos de invierno y primavera

A continuación se presenta el efecto del nitrógeno desglosado por estación.

Cuadro No. 13: Efecto del nitrógeno dentro de la estación invernal para las variables animales carga (kg/PV/ha), unidades ganaderas (UG), oferta de forraje (OF), ganancia por hectárea (g/ha) y ganancia por animal (g/a)

N	Carga (kgPV/ha)	UG	OF (%PV)	g/ha (kg/ha/día)	g/a (kg/a/día)	GT (kg/ha)
114	897 A	2,4 A	5,56 A	-0,98 A	-0,15 A	-36,0 A
60	753 A	1,9 A	6,20 A	-0,85 A	0,08 A	-27,8 A

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Cuadro No. 14: Efecto del nitrógeno dentro de la estación primaveral para las variables animales carga (kg/PV/ha), unidades ganaderas (UG), oferta de forraje (OF), ganancia por hectárea (g/ha) y ganancia por animal (g/a)

N	Carga (kgPV/ha)	UG	OF (%PV)	g/ha (kg/ha/día)	g/a (kg/a/día)	GT (kg/ha)
114	750 A	1,97 A	9,0 A	1,9 A	0,53 A	52,0 A
60	636 A	1,67 A	8,6 A	1,9 A	0,63 A	49,3 A

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Como se observa en los cuadros anteriores al separar el efecto del nitrógeno por estación tampoco se observaron diferencias significativas en ninguna de las variables animales. Se destacan la pérdida de GT en invierno y las ganancias en primavera.

4.3.2.3 Efecto de la estación

Cuadro No. 15: Efecto estacional sobre las variables animales carga (kg/PV/ha), unidades ganaderas (UG), oferta de forraje (OF), ganancia por hectárea (g/ha) y ganancia por animal (g/a)

Est	Carga (kg/PV/ha)	UG	OF (%PV)	g/ha* (kg/ha/día)	g/a (kg/a/día)
Inv	832 A	2,2 A	5,95 B	-0,8 B	-0,18 B
Prim	685 A	1,8 A	8,50 A	1,7 A	0,50 A

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

* Diferencias significativas ($p < 0,1$)

En el cuadro anterior se presenta el efecto estacional sobre las variables animales estudiadas. En el mismo se destaca la ausencia de

diferencias significativas en la carga y UG a pesar de que el forraje presente, disponible y desaparecido haya sido mayor en invierno. Se observan diferencias en las medias de casi 150 kg/ha y 0,4 UG entre invierno y primavera lo cual representa el peso de un animal más por hectárea en el invierno, por lo tanto, la ausencia de significancia en estas variables puede atribuirse a la variabilidad de los pesos, alcanzando diferencias de 60 kg entre animales.

La OF fue mayor en primavera que en invierno, cumpliendo con lo así definido para el experimento. En invierno se logró el ajuste de 6% de OF mientras que en primavera no se logró el objetivo de 10% de OF debido a la limitante tamaño de parcela. Esto determinaba la imposibilidad de aumentar la OF sacando animales en las parcelas que ya estuvieran con dos animales (número mínimo de animales testers requeridos por parcela). Si esta situación se daba en al menos una de las parcelas, la OF en la misma determinaba el ajuste en el resto de las parcelas, ya que se buscaba la homogeneidad entre las mismas.

En cuanto a la ganancia por hectárea y por animal se obtuvieron valores negativos en invierno y positivos en primavera. Esto es contradictorio si se observan los kg de MS de forraje presente, disponible y desaparecido (ver cuadro No. 7) en dichas estaciones, por lo cual esta diferencia en la ganancias pueden atribuirse a la calidad del forraje y no a la cantidad, así como a los mayores requerimientos de los animales de energía de mantenimiento en invierno debido a las bajas temperaturas.

Cuadro No. 16: Efecto estacional en el contenido porcentual de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) de la MSP

Est	PC	FDN	FDA
Inv	13,0 B	53,0 A	24,4 A
Prim	15,6 A	52,5 A	22,5 B

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Como se observa en el cuadro anterior existen diferencias significativas en PC, siendo mayor en primavera, y en FDA, con menores valores en primavera. Los requerimientos de terneros de 150 a 200 kg de raza lechera ganando 0,8 Kg/día requieren entre 15 y 16% PC en la dieta (NRC, 1978), por lo cual en primavera se estaría cubriendo los requerimientos de este nutriente. En invierno, el menor valor de PC podría estar afectando la ganancia animal, sumado a la menor digestibilidad del forraje determinada por mayores valores de FDA.

El % de FDN no superó el 55% en la MSP por lo que el consumo animal no se vio afectado según lo reportado por Acosta (1991). La calidad más baja de la pastura en el invierno se debe al forraje diferido del otoño, el cual estaba compuesto en su mayoría por restos secos y especies estivales en estados avanzados de desarrollo (floración). En cambio en la primavera, con el campo limpio de restos secos, esta diferencia en calidad de la pastura puede atribuirse a las diferencias en la composición botánica (Bellini et al., 1994), donde en las parcelas con tratamiento N 60 hay mayor proporción de especies estivales/invernales que en las parcelas con tratamiento N114. En el gráfico siguiente puede observarse la evolución del material muerto en todo el período evaluado.

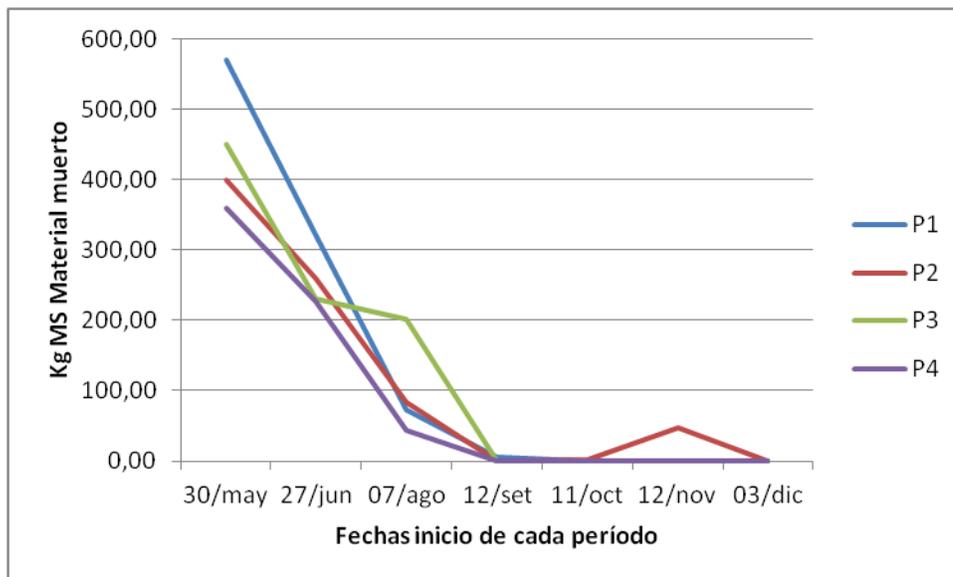


Figura No. 5: Evolución del material muerto para cada parcela (P1 y P4 con N114, P2 y P3 con N60) en todo el período evaluado

Como puede observarse en la figura anterior todas las parcelas comenzaron con una alta proporción de material muerto, el cual represento entre el 22,5 y el 18,5 % de la MSP al inicio del experimento. Además puede notarse el claro descenso del mismo en los períodos siguientes, pero con la misma contribución a la MSP debido a la disminución del mismo. Sólo para el período 3 se detectaron diferencias significativas en Kg/ha de MM, siendo el tratamiento N 60 7,35% mayor al tratamiento N114. Según lo dicho por Berretta (1996) en aquellas vegetaciones en las que se acumulan restos secos hasta una frecuencia relativa de 15-20% se reduce el contenido de PC, alcanzando valores de 6-7% en otoño-invierno con restos secos y entre 10 y 11 cuando estos son reducidos. Por lo tanto se puede concluir que el nivel de PC obtenido en invierno se atribuye al efecto del nitrógeno. A inicio del período 4 (12/set) el material muerto ya no toma relevancia en la MSP, contribuyendo a una mejora en la calidad de forraje.

4.3.2.4 Efecto período dentro de las estaciones invierno y primavera

Cuadro No. 17: Efecto período dentro de la estación invernal para las variables animales carga (kg/PV/ha), unidades ganaderas (UG), oferta de forraje (OF), ganancia por hectárea (g/ha), ganancia por animal (g/a) y ganancia total (GT)

Per	Carga* (kg/ha)	UG*	OF (%PV)	g/ha* (kg/ha/día)	g/a (kg/a/día)	GT (kg/ha)
1	871 AB	2,3 AB	9,3 A	-0,80 AB	-0,17 A	-25,0 AB
2	853 A	2,2 A	4,7 B	-0,26 A	-0,03 A	-10,5 A
3	751 B	1,9 B	3,6 B	-1,67 B	-0,44 B	-60,5 B

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)
*($p < 0,1$)

El efecto período dentro de la estación invernal fue significativo para todas las variables animales. Al disminuir la OF (limitada por el tamaño de las parcelas y el forraje disponible) se podría esperar un aumento en la carga, pero esto no se dio ya que el forraje disponible disminuyó. En los períodos invernales hubo pérdidas de peso no atribuibles a la disponibilidad de MS sino a la calidad de la misma ya que consistía en forraje diferido del otoño el cual se encontraba florecido y por lo tanto no cubría los requerimientos de esta categoría. Además se destacan los mayores requerimientos de mantenimiento en esta estación. Es de destacar las pérdidas de GT en el período 3, debido a la baja OF, alcanzando un total en la estación de 96 kg/ha.

Cuadro No. 18: Efecto período dentro de la estación primaveral para las variables animales carga (kg/PV/ha), unidades ganaderas (UG), oferta de forraje (OF), ganancia por hectárea (g/ha), ganancia por animal (g/a) y ganancia total (GT)

Per	Carga (kgPV/ha)	UG	OF (%PV)	g/ha (kg/ha/día)	g/a (kg/a/día)	GT (kg/ha)
4	653 A	1,72 A	6,8 A	0,67 B	0,19 B	20,2 B
5	703 A	1,85 A	10,3 A	2,46 A	0,77 A	78,7 A
6	723 A	1,90 A	9,3 A	2,52 A	0,68 A	53,0 AB

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Por otro lado en los períodos de primavera la carga no varió aunque haya aumentado la OF del período 4 al 5 y 6. Esto se debe a que el forraje disponible en el período 4 fue menor al disponible de los períodos 5 y 6. La ganancia por animal fue siempre positiva aunque el desaparecido haya sido en general menor en primavera que en invierno donde éstas fueron negativas. Las ganancias máximas se obtuvieron en el período 5, alcanzando 0,770 Kg/animal/día. Cabe destacar que en el período 6, de duración similar al período 4, la ganancia total fue un 62% superior, y en cuanto a la GT de la estación esta fue de 151,9 kg/ha de PV., determinando una producción en todo el período evaluado de 55,9 kg/ha.

4.3.2.5 Efecto de la interacción estación por nitrógeno

No se encontraron efectos significativos de la interacción estación por nitrógeno, en ninguna de las variables. Para carga, UG, g/ha y g/a hubo efecto del período como se mencionó anteriormente, pero no hubo diferencias en cada estación entre las dosis de nitrógeno.

4.3.2.6 Efecto de la interacción período de estudio por nitrógeno dentro de la estación invernal

Cuadro No. 19: Efecto de la interacción período de estudio por nitrógeno dentro de la estación invernal para las variables animales ganancia por hectárea (kg/ha/día), ganancia por animal (kg/a/día) y ganancia total (GT)

N	Per	g/a (kg/a/día)	g/ha* (kg/ha/día)	GT (kg/ha)
114	1	-0,01 A	-0,04 AB	-1,5 AB
60	1	-0,3 AB	-1,5 AB	-48,5 AB
114	2	-0,15 AB	-0,88 AB	-34,5 AB
60	2	0,08 A	0,35 A	13,5 A
114	3	-0,5 B	-2,01 B	-72,5 B
60	3	-0,35 AB	-1,34 AB	-48,5 AB

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)
*($p < 0,1$)

En cuanto a las variables G/ha, g/a y GT es significativa la interacción PxN en la estación invernal. Esto indica que a pesar de que el nivel de nitrógeno en esta estación fue el mismo, hubo interacción parcela por período. Se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento N60 en el período 2, donde se obtuvieron ganancias en las tres variables, y el tratamiento N114 en el período 3, donde se dieron las mayores pérdidas. Esto puede explicarse por la variación de la OF entre parcelas y entre períodos. En el período 2, una de las parcelas del tratamiento N60 (parcela 3) mantuvo una OF de 6%PV, diferenciándose del resto, las cuales presentaron 4%OF, esto se debió a los menores kg PV/ha que presentó dicha parcela en esta estación (cuadro No. 28) y al mayor forraje disponible de este tratamiento (cuadro No. 5). Esta mayor OF determinó las ganancias en las variables animales en este período. Sin

embargo, las mayores pérdidas del tratamiento N114 en el período 3 están dadas por la OF alcanzada en una de las parcelas de dicho tratamiento en ese período, la cual fue 2%, condicionando la performance animal.

4.4 ANÁLISIS POR PERÍODO DE EVALUACIÓN

A continuación se presentan los resultados del efecto promedio del nitrógeno en los períodos de evaluación y el efecto período para las variables de la pastura estudiadas.

4.4.1 Variables de la pastura

4.4.1.1 Efecto del nitrógeno

Cuadro No. 20: Efecto del nitrógeno en el período promedio sobre las variables de la pastura, materia seca presente (MSP), materia seca disponible (MSdis), materia seca desaparecida (MSdes), materia seca desaparecida como porcentaje de la MSdis (MSdes%), producción total (Prod tot) y tasa de crecimiento (TC)

N	MSP (kg/ha)	MSdis (kg/ha)	MSdes (kg/ha)	MSdes% (%)	Prod tot (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
114	930 A	1627 A	912 A	56,0 A	638 A	21,2 A
60	986 A	1567 A	767 A	48,8 A	542 B	18,0 B

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Para las variables MSP, MSdis, MSdes y MSdes % no se encontraron diferencias significativas entre las dosis de nitrógeno. Se observaron diferencias

significativas en producción total y tasa de crecimiento, las mismas fueron 18% superiores para la dosis alta de nitrógeno. Cabe destacar que como en invierno ambos tratamientos fueron N60, esta mayor tasa de crecimiento obtenida en N114 se debe a la respuesta obtenida en este tratamiento en los períodos de primavera.

4.4.1.2 Efecto del período

Antes de comenzar el análisis por período cabe presentar el ajuste que se logró en la altura del tapiz en todas las parcelas.

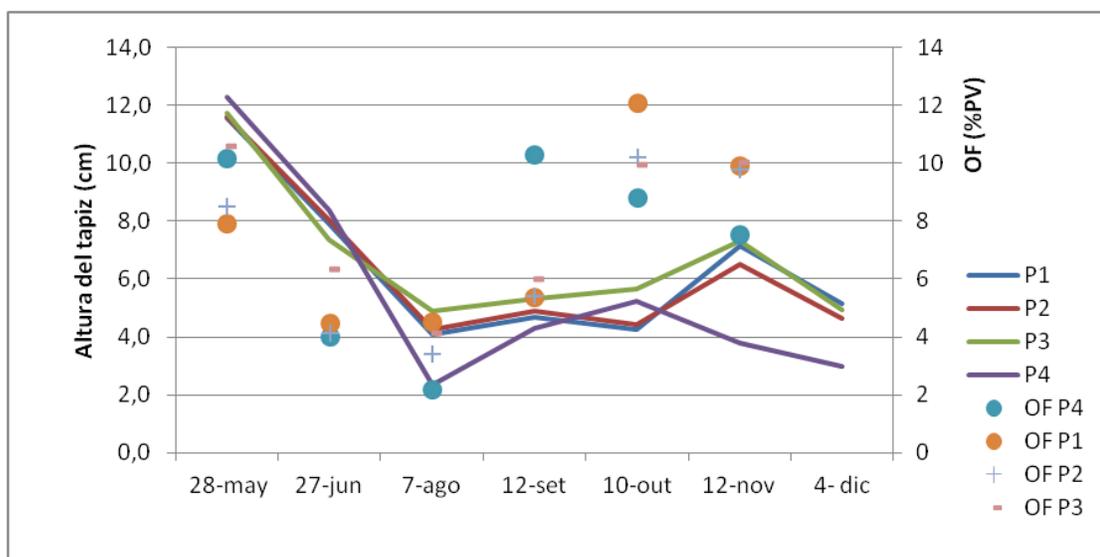


Figura No. 6: Evolución de la altura del tapiz y OF de cada parcela (P1 y P4 con N114, P2 y P3 con N60) en todo el período de estudio

Como puede observarse en la figura anterior, la altura del tapiz evolucionó de forma similar en todas las parcelas, lo que estaría indicando un buen control del experimento, ya que se buscaba la homogeneidad del tapiz.

Cabe destacar la menor altura que se observa en la parcela 4 a inicio del período 3 (7-ago), la cual esta explicada por una mayor carga animal, determinando una menor OF (2%PV) en relación a una OF de 4%PV (promedio de las otras parcelas). Esta baja OF en la parcela 4 determina a su vez, un aumento en la proporción de suelo desnudo a inicio del período 4, como puede observarse en la figura No. 7 La caída en la altura del tapiz el 12-nov y el 4-dic en esta parcela también está asociada a una menor OF en relación a las otras parcelas, como se observa en la figura anterior, pero la misma se encuentra sobrevaluada debido a la gran proporción de suelo desnudo en ese momento, lo cual estaría determinando una OF aún menor. Esto se debió a la sobreestimación de la escala 1 del método de doble muestreo ya que no se consideró la proporción de suelo desnudo. Corrigiendo la OF del período 6 (12-nov al 4-dic) por la diferencia en proporción de suelo desnudo entre la parcela 4 y el resto, la OF pasa de 7,5%PV a 6,6%PV, justificando la baja altura del tapiz a pesar de las altas tasas de crecimiento. Puede notarse que la diferencia de alturas del tapiz de la parcela 4 entre el 7-ago y el 4-dic es de un 0,7cm, pero la diferencia en las OF es de 4,6%PV, siendo mayor en la última fecha; esto se debe a la diferencia en la relación Kg de MS/cm entre ambas fechas, como puede observarse en la figura No. 9.

En la figura siguiente se observa la evolución del suelo desnudo en cada parcela. Como puede notarse, a excepción de la parcela 4, el %SD no supera el 6% en todo el período de estudio.

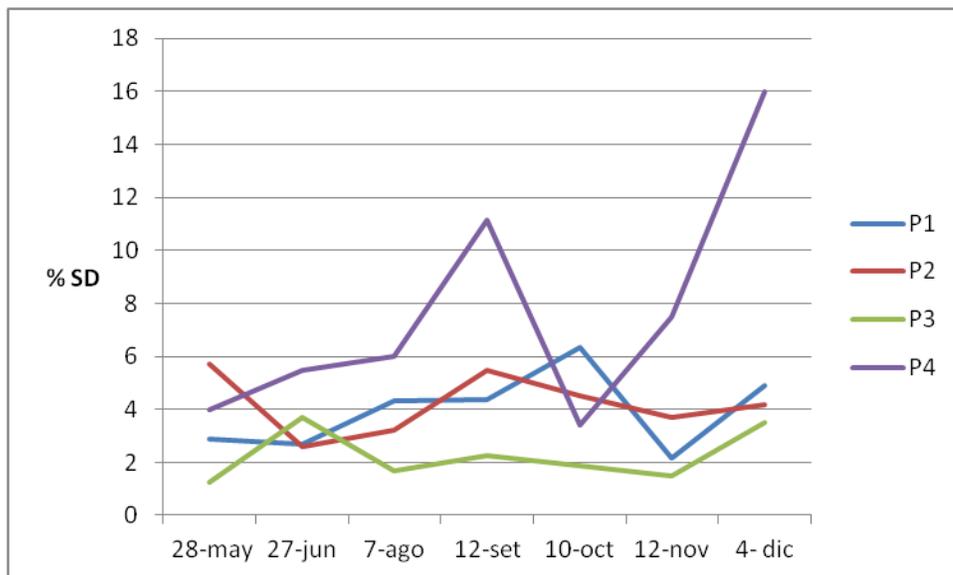


Figura No. 7: Evolución del porcentaje de suelo desnudo para cada parcela (P1 y P4 con N114, P2 y P3 con N60) en todo el período de estudio

En la figura se aprecia que la parcela 3 fue la que presentó menor % de SD, pudiendo estar determinado por las mayores OF. En la parcela 4 se observa un aumento en el %SD a inicio del período 4, alcanzando un 11%. Esto se debe a la alta carga en el período anterior como ya se explicó en base a la figura No. 6. Esta menor cobertura del suelo pudo haber promovido la germinación de hierbas anuales invernales a partir del banco de semillas generado en experimentos anteriores por historia de fertilización con altas dosis de N, pudiendo constatarse en la figura No. 14 la asociación de esta parcela a este grupo de especies. Luego el %SD baja, posiblemente por el crecimiento de estas hierbas anuales, el cual pudo haberse favorecido por la segunda dosis de N que recibió esta parcela (N114) y posteriormente el %SD vuelve a aumentar, pudiendo estar explicado por el espacio que comienzan a dejar las hierbas anuales al completar su ciclo. Este comportamiento de las hierbas anuales puede observarse en la figura siguiente.

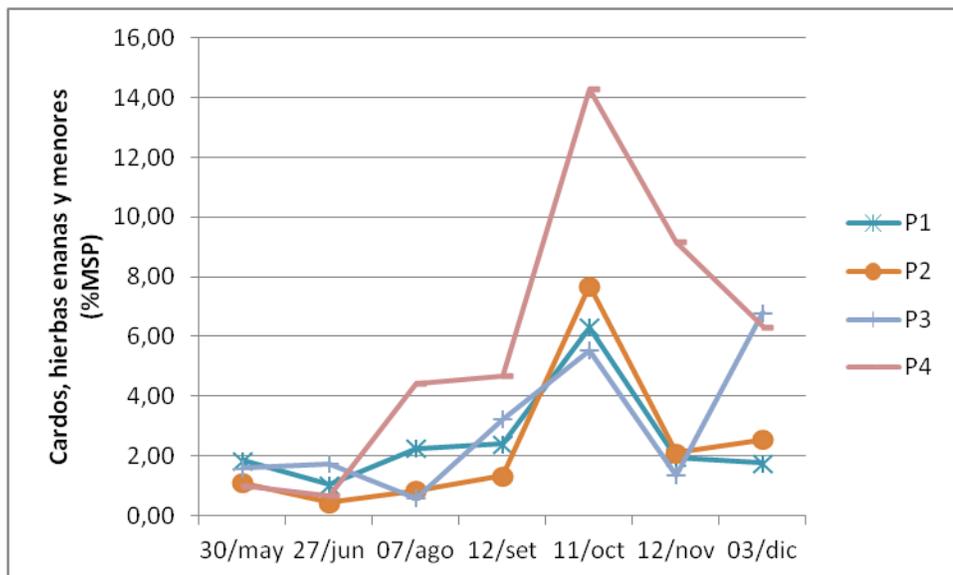


Figura No. 8: Evolución del porcentaje de cardos, hierbas enanas y menores en la MS presente por parcela (P1 y P4 con N114, P2 y P3 con N60) para el período de estudio

La evolución de la fracción cardos, hierbas enanas y menores en su contribución a la MS presente que se presenta en la figura anterior, presentó diferencias significativas entre los tratamientos de nitrógeno solo en el período 4 (12-set al 11-oct), presentando N114 mayor proporción de esta fracción en la MS presente.

En la figura siguiente se presenta la relación entre la altura del tapiz y los Kg/ha de MS presentes en cada parcela. En los dos primeros períodos la alta relación kg MS/cm está explicada por el forraje diferido del otoño, el cual se encontraba maduro y dominando en la MSP la fracción *Paspalum notatum*. Con base en el % de MS del forraje (figura No. 10) y el aporte de material muerto (figura No. 11) se considera que la alta relación de kg/ha de MSP/cm es

consecuencia de una alta densidad del forraje en el perfil de la pastura y no debido a la acumulación de material senescente.

Luego disminuye dicha relación con la disminución de la MSP y la altura del tapiz, pero tomando un comportamiento opuesto al % de MS del forraje presente, el cual aumenta, como se puede observar en las figuras No. 9 y 10.

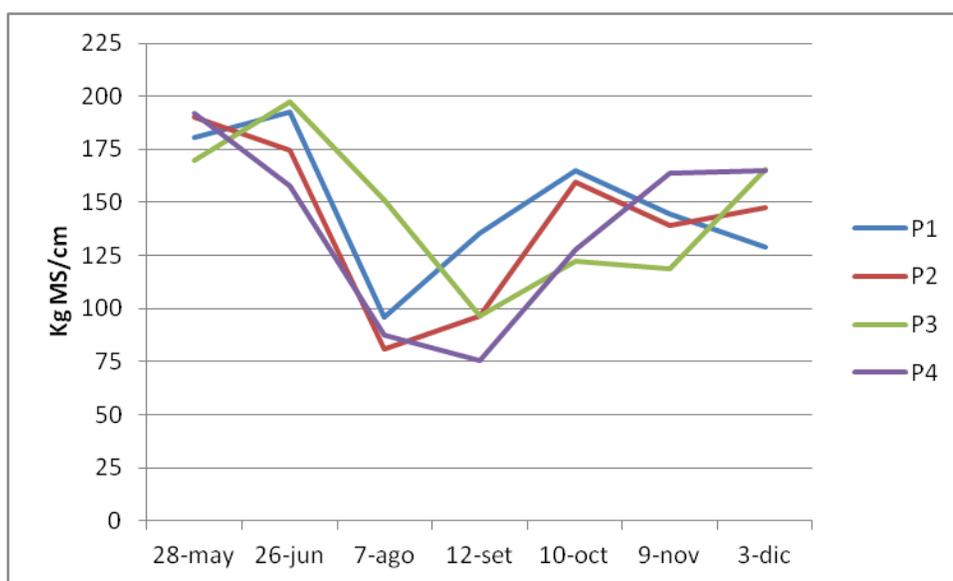


Figura No. 9: Evolución de la relación Kg de materia seca presente/cm para cada parcela (P1 y P4 con N114, P2 y P3 con N60) en el período de estudio

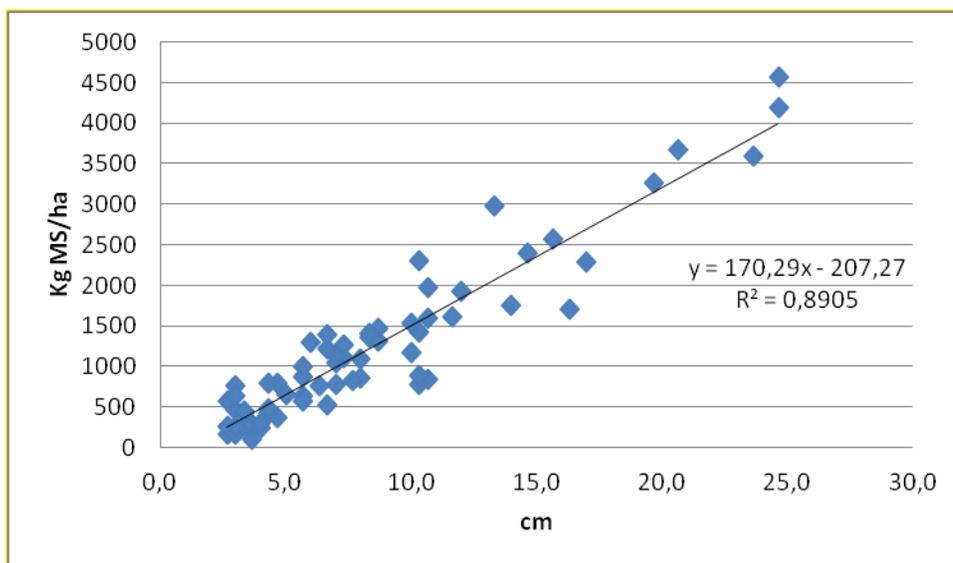


Figura No. 10: Relación entre altura del tapiz y kg/ha de MS presente

En la figura No. 10 se presenta la relación funcional entre altura del tapiz y la MSP en kg/ha lográndose un buen ajuste ($R^2=0,89$), indicando una relación de 170 kg/ha de MSP por cm de altura para el promedio de invierno – primavera.

En la figura No. 9 puede observarse que durante el invierno se obtienen las menores relaciones Kg/ha de MS/cm lo cual sería esperable, dado que predomina el crecimiento de pastos invernales que en estado vegetativo presentan menor % de MS. Sin embargo al analizar el % de MS en esta estación se observan los mayores valores de todo el período de estudio, como se observa en la figura siguiente.

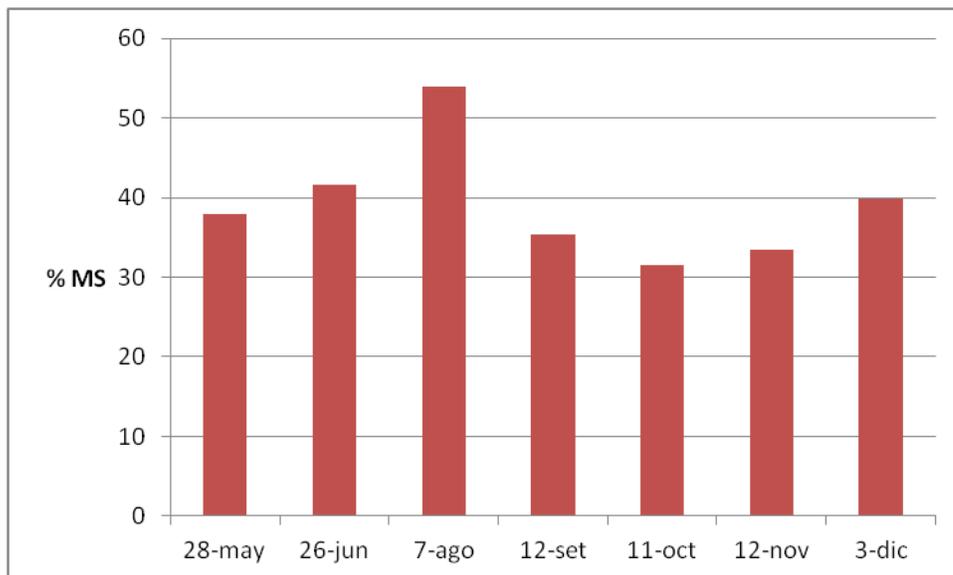


Figura No. 11: Porcentaje de materia seca de la materia seca presente

La evolución creciente en el %MS de la MSP hasta inicio del período 3 puede explicarse por la mayor proporción que toma el material muerto, debido a la muerte de las gramíneas perennes estivales, representadas principalmente por *Paspalum notatum* (figuras No. 12 y 13) y al efecto de la selectividad de los animales que consumen preferentemente material verde. Luego el % de MS disminuye en los períodos siguientes, como consecuencia de la disminución del material muerto debido al consumo de forraje que se dio durante el invierno, y aumento de las gramíneas perennes estivales, las cuales presentan mayor proporción de agua por ser forraje nuevo de primavera. Al final del periodo se nota una tendencia al incrementar el %MS, posiblemente por el envejecimiento de las hojas y el déficit hídrico, y no por el encañado de estivales e invernales ya que el tapiz se mantuvo bajo hasta el final del período. Según Rosengurtt, citado por Boggiano (1990), en los campos naturales lo normal es que el ganado enfrente una mezcla de hojas nuevas, viejas y cañitas de todas las edades en diferentes proporciones. Hay épocas en que el ganado no apetece

hojas viejas ni jóvenes de determinadas especies y en otras come joven y viejo. Los pastoreos invernales “limpian” la pradera por hambre, debido a que los animales se enfrentan a una menor oferta de forraje y pastorean a una menor altura, sin seleccionar tanto, retirando una mayor proporción de restos secos. Esto se refleja en la evolución del % de MS (figura No. 11) y en el contenido de material muerto (figura No. 12) de la materia seca presente en los muestreos de finales de invierno e inicio de primavera.

Como conclusión de lo dicho anteriormente, la menor relación Kg de MS/cm en el invierno no está explicada por el menor % de MS del forraje sino por la disminución de las especies estivales en el tapiz bajo, principalmente del *Paspalum notatum* (debido a la ocurrencia de heladas), el cual es un componente importante en el tapiz y tiene un crecimiento más postrado bajo pastoreo intenso, contribuyendo a una mayor densidad del estrato inferior. En primavera con el rebrote de esta gramínea, a pesar de que la altura del tapiz es similar a la registrada en el invierno, se observa una mayor relación Kg MS/cm (figura No. 9), explicando la mayor OF en esta estación (figura No. 6).

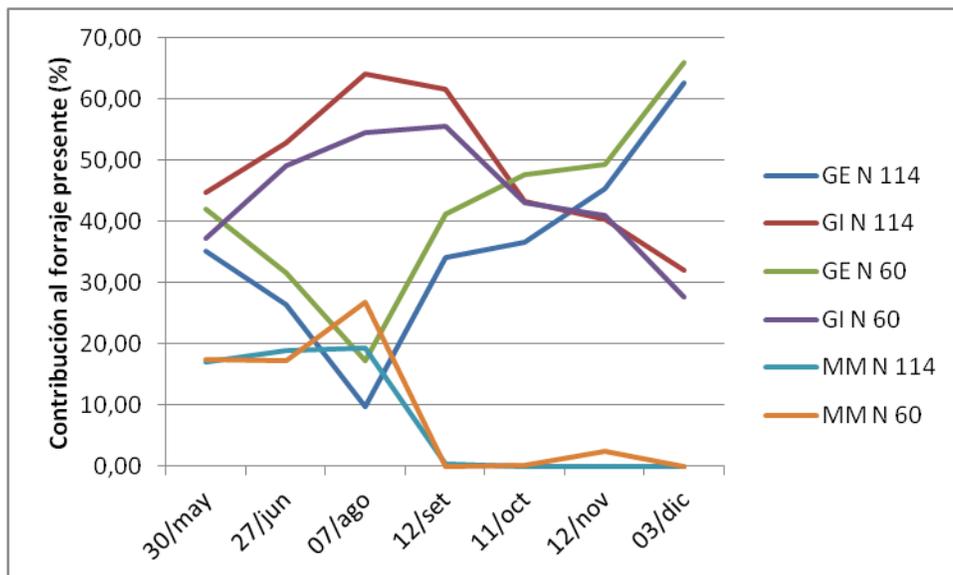


Figura No. 12: Contribución en % a la materia seca presente de gramíneas estivales (GE), gramíneas invernales (GI) y material muerto (MM) para cada nivel de fertilización

En el gráfico No. 12 se presenta la evolución de las gramíneas invernales, estivales y material muerto por tratamiento. Durante el invierno la proporción de gramíneas invernales es superior a las gramíneas estivales aumentando la magnitud de la diferencia a medida que transcurre la estación. Al iniciar la primavera y rebrotar las estivales, las especies invernales comienzan a tener menor participación en el tapiz a medida que avanza la estación. A su vez, para la estación invernal el nivel alto de nitrógeno presenta mayor proporción de especies invernales y menor de especies estivales que el tratamiento con nivel bajo de N. Esto podría indicar un efecto residual del N, de fertilizaciones de años anteriores, en cambios en la composición botánica ya que las dosis para el invierno en éste experimento fueron iguales. Esta diferencia en la composición botánica de los tratamientos se hace más tenue en la primavera, pudiendo ser explicada en primera instancia por el aumento en

dicha estación de la fracción cardos, malezas enanas y menores en la parcela No. 4 (N114), como se observa en la figura No. 8 que ocupan el espacio de suelo desnudo (figura No. 7), el cual disminuye simultáneamente con el incremento de contribución de las hierbas. Dicha evolución determina la reducción en contribución porcentual de las GPI en el tapiz y por lo tanto las diferencias entre los tratamientos de nitrógeno. Por otro lado, la mayor mineralización de N en ésta estación pudo reducir las diferencias en la disponibilidad del nutriente entre tratamientos, contribuyendo a disminuir las diferencias en composición botánica.

Considerando todos los períodos de estudio, la fracción gramíneas invernales fue un 10% superior estadísticamente en el tratamiento N114 respecto a N60, mientras que la fracción gramíneas estivales fue un 18% superior en este último tratamiento.

Cabe aclarar que como fuente de error del muestreo realizado con el método Botanal, no se consideraron como grupos adicionales a las Ciperáceas ni al *Desmodium incanum*, los cuales tuvieron un aporte importante a la materia seca en invierno y primavera respectivamente, debido a que al principio del experimento se encontraban en baja frecuencia. Las ciperáceas fueron contabilizadas dentro del grupo gramíneas perennes invernales por lo cual se renombró al grupo 6 como gramíneas y graminoides invernales. Por otro lado el *Desmodium incanum* al no ser contabilizado como grupo distinto sobrevaluó el aporte de MS de los otros grupos.

En la figura siguiente se presenta la evolución de *Paspalum notatum* como contribución a la MSP en kg/ha y porcentaje de la misma para los tratamientos de nitrógeno.

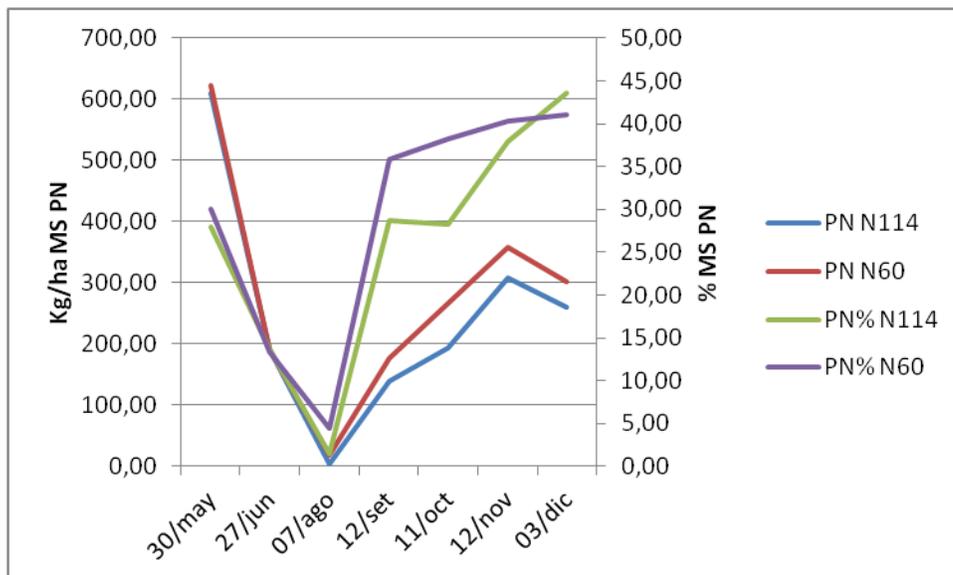


Figura No. 13: Contribución a la materia seca presente de *Paspalum notatum* en kg/ha y como porcentaje de la misma en los períodos estudiados para cada nivel de fertilización

Como puede apreciarse el *Paspalum notatum* a inicio del experimento aporta 600 kg de MS a la MSP, representando un 30% de la misma en ambos tratamientos. Luego disminuyen los kg de MS de *Paspalum notatum* con la disminución de la MSP (cuadro No. 8) pero disminuyendo también su contribución a la misma en porcentaje, llegando a desaparecer a inicio del período 3 (7-ago) cuando se alcanza el menor valor de MSP. A inicio de primavera, con el rebrote de esta especie, los kg de MS de la misma comienzan a aumentar como también su contribución a la MSP, alcanzando valores de entre 40 y 45% al final del período. En esta estación se diferencian los tratamientos de nitrógeno en el aporte de esta especie, presentando el tratamiento de N60 mayor aporte de la misma, lo cual puede estar explicado por la mayor proporción de especies invernales en el tratamiento N114. como ya fue explicado en la figura No. 12. Además, puede observarse en dicha figura

que la evolución de la fracción GPE se refleja en la evolución del *Paspalum notatum*, por ser el mismo el componente principal de dicha fracción.

A continuación se presenta el comportamiento de las distintas variables de la pastura en cada período de estudio.

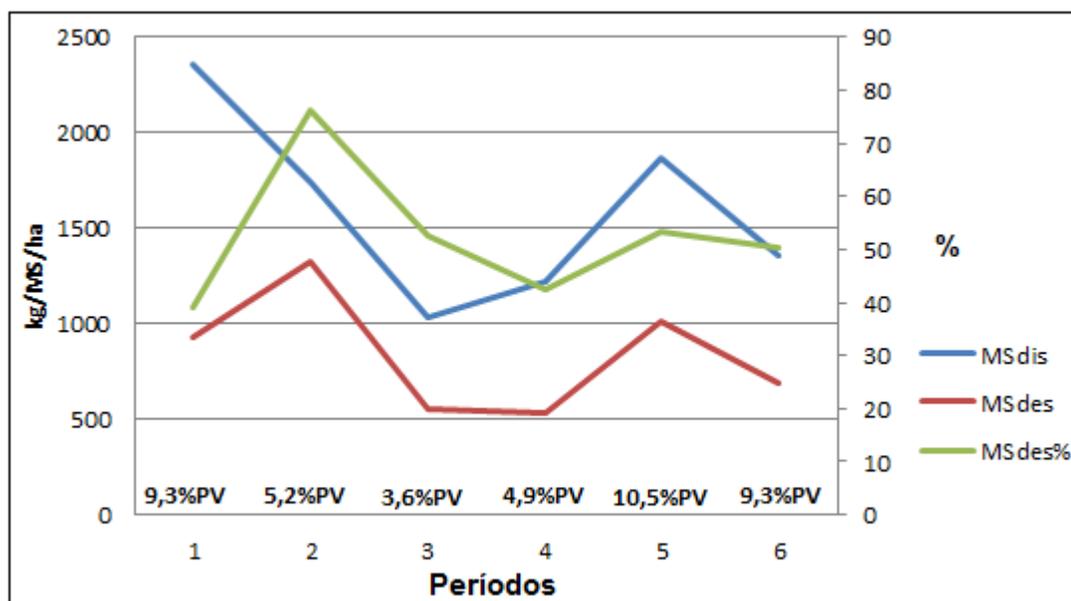


Figura No. 14: Efecto del período en las variables de la pastura, materia seca disponible (MSdis), materia seca desaparecida (MSdes), materia seca desaparecida como porcentaje de la MSdis (MSdes%) y en las ofertas de forraje (%PV)

Cuadro No. 21: Efecto del período en las variables de la pastura, materia seca presente (MSP), producción total (Prod tot) y tasa de crecimiento (TC)

Per	MSP (kg/ha)	Prod tot (kg/ha)	TC (kg/ha/día)
1	2161 A	198 D	6,8 C
2	1425 B	318 CD	7,5 C
3	420 D	616 BC	17,0 BC
4	485 CD	739 AB	26,4 AB
5	693 CD	1173 A	39,0 A
6	856 C	499 BCD	20,7 B
7	666 CD		

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Como se observa en el cuadro anterior el efecto del período fue significativo en las variables analizadas, al igual que las presentadas en la figura No. 14 (ANEXO 2). En cuanto a la MSP, ésta es máxima en la primera fecha debido al alto diferimiento del otoño, lo que condicionó la alta MSdis en el primer período ya que la TC fue baja y no estaría explicando ese mayor disponible. Como además la MSdes fue “baja” en éste período, en la fecha 2 la MSP continúa siendo alta aunque menor que en el período uno. Esto, sumado a las menores tasas de crecimiento en el período 2 determinaron que la MSdis disminuyera, y como consecuencia de la OF (5,2%PV) la utilización fue la máxima registrada en el experimento (72,6%), similar a la obtenida por Mazzanti y Lemaire (1994), trabajando en pastoreo continuo de *Festuca arundinacea* con niveles altos de nitrógeno y 20 días de descanso entre defoliaciones. Debido a esta utilización la MSP en la fecha 3 disminuye considerablemente. El disponible en el período 3 también disminuyó por la baja MSP al inicio, además, la OF fue baja, 3,6%PV, determinando que el forraje

desaparecido también se redujera. La mayor TC debido a las mejoras en las condiciones climáticas y menor utilización respecto al período 2 determinan un aumento en la MSP en la fecha 4. La tasa de crecimiento aumenta en este período y por lo tanto la MSdis, sin embargo, la MSdes no varía, obteniendo menor utilización que en el período anterior, debido a la mayor OF. Como consecuencia aumenta la MSP en la fecha 5 y con una OF de 10,5%PV se produce un aumento pronunciado en la MSdis debido a las buenas condiciones hídricas y de temperatura (figura No. 4), determinando valores mayores de MSdis y mayores de MSdes, consecuencia del mayor consumo por animal, volviendo a aumentar la utilización del forraje. En el período 6 la TC disminuye por la baja disponibilidad hídrica que hubo en todo el período y a las altas temperaturas (figura No. 4), determinando así un menor disponible y desaparecido. Puede observarse que la OF en el período 1 es igual a la registrada en el período 6, sin embargo, la MSdes% es mayor en este último, probablemente por la mayor calidad del forraje que determinó mayor consumo por animal.

En la figura siguiente puede observarse la evolución de la TC en el período de estudio.

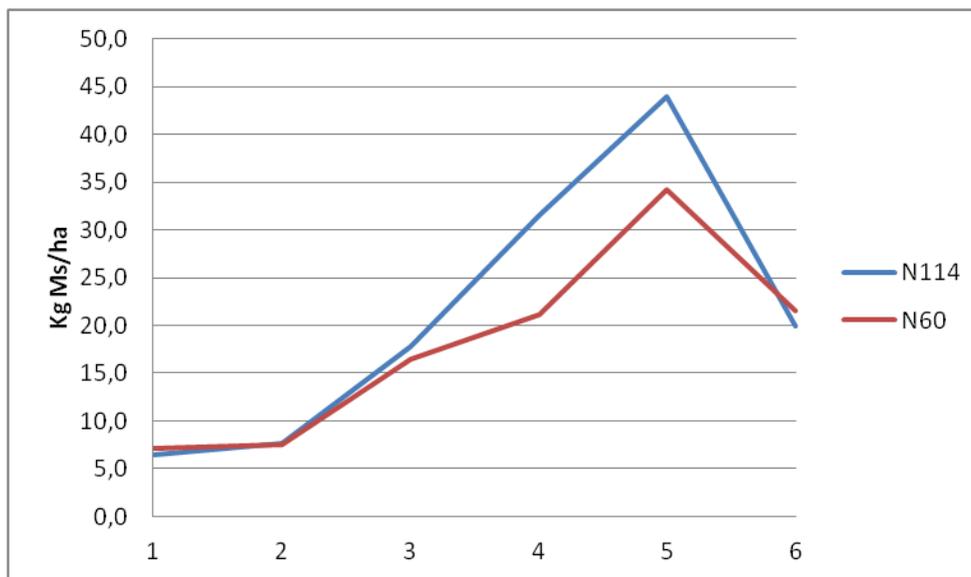


Figura No. 15: Evolución de la tasa de crecimiento por período de estudio según nivel de fertilización

Pueden observarse en el gráfico las bajas TC invernales, las cuales comienzan a aumentar en septiembre (período 3), junto con el aumento de la temperatura y el nivel hídrico del suelo (figura No. 4). Este crecimiento se hace máximo hasta mediados de noviembre (período 5) y luego baja por el déficit hídrico presente en este momento. Además puede observarse que entre los períodos 3 y 4, el tratamiento N114 se diferencia de N60, con una mayor tasa de crecimiento, debido a la segunda aplicación de N en el tratamiento N114. En el período 6 las TC de ambos tratamientos caen, no habiendo diferencias entre las mismas. Esto estaría explicando una baja eficiencia de utilización del nitrógeno en momentos de sequía. Sin embargo, a pesar de que el nivel hídrico en el suelo se encontró siempre por debajo del 50% del APDN, lo cual estaría

limitando la absorción de N de las plantas, la TC registrada en este período fue de 20 Kg MS/ha/día, valor que se alcanza en campo natural sin fertilizar en condiciones de altas precipitaciones. Esto se corresponde con lo dicho por Conrad et al. (s.f.) quienes afirman que en pasturas fertilizadas con nitrógeno en condiciones de sequía la producción de forraje es mayor con respecto a pasturas sin fertilizar.

4.4.1.3 Efecto de la interacción período por nitrógeno

No se encontraron diferencias significativas de la interacción PxN en las variables vegetales analizadas.

4.4.2 Variables animales

A continuación se presentan los cuadros resúmenes de los efectos por período del nitrógeno, período e interacción PxN en las variables animales estudiadas.

4.4.2.1 Efecto del nitrógeno

Cuadro No. 22: Efecto del nitrógeno en el período promedio sobre las variables animales carga (kg/PV/ha), unidades ganaderas (UG), oferta de forraje (OF), ganancia por hectárea (g/ha) y ganancia por animal (g/a)

N	Carga (kgPV/ha)	UG	OF (%PV)	g/ha (kg/ha/día)	g/a (kg/a/día)
114	824 A	2,2 A	5,56 A	0,46 A	0,15 A
60	694 A	1,8 A	6,20 A	0,50 A	0,21 A

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

No se encontró efecto significativo del nitrógeno para ninguna de las variables animales estudiadas. Como se mencionó anteriormente para el efecto por período del nitrógeno en el forraje presente, disponible y desaparecido, no se encontraron diferencias significativas, por lo cual es esperable que no hubiese efecto en la carga animal, OF y UG. La g/ha y g/a tampoco se vieron afectadas por la dosis de nitrógeno lo que sugiere que no hubo una mejora en la calidad del forraje explicada por el nitrógeno como se observa en el cuadro No. 12.

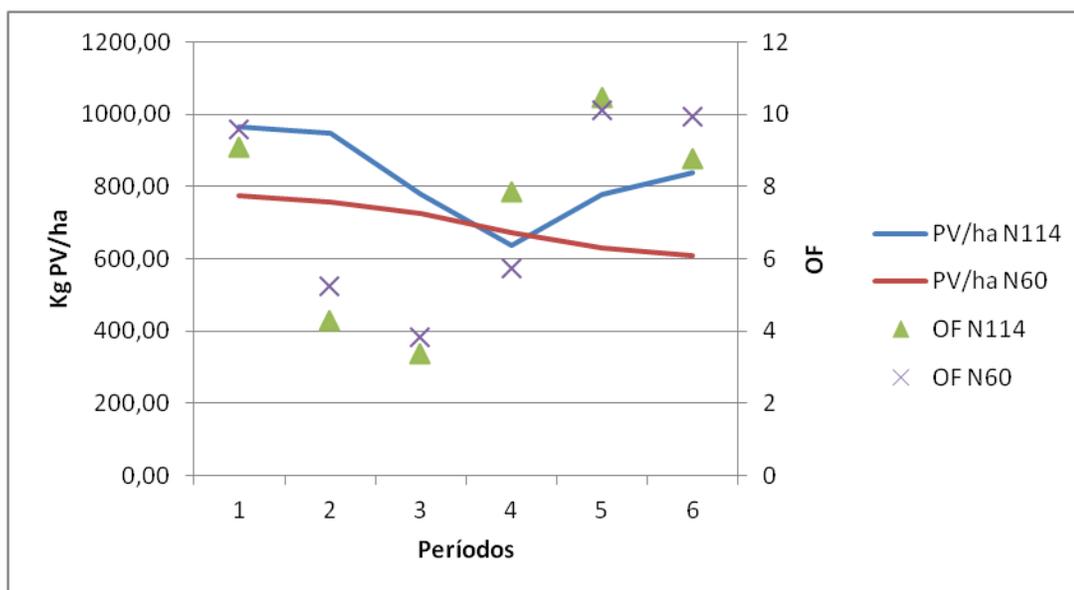


Figura No. 16: Evolución del peso vivo/ha y la oferta de forraje por tratamiento en los períodos de estudio

En el gráfico anterior se presenta la evolución del PV/ha y la oferta de forraje por tratamiento por período. Se puede ver que para los períodos de invierno (1, 2 y parte del 3) el PV/ha en el tratamiento N114 es superior al N60 pero la OF menor. Esto estaría explicando las mayores pérdidas en PV en este tratamiento la cual se ve en la caída pronunciada del PV hasta el período 4

donde ya entrada la primavera, las ganancias individuales aumentaron y, con la mayor carga respecto al N60, determinaron mayor producción de peso vivo para N114 en esta estación (cuadro No. 26).

4.4.2.2 Efecto del período

Cuadro No. 23: Efecto del período en las variables animales carga (kg/PV/ha), unidades ganaderas (UG), oferta de forraje (OF), ganancia por hectárea (g/ha) y ganancia por animal (g/a)

Per	Carga	UG	OF	g/ha	g/a
1	871 A	2,3 A	9,3 A	-0,8 BC	-0,17 BC
2	853 A	2,2 A	5,2 B	-0,26 B	-0,03 B
3	751 A	1,9 A	3,6 B	-1,7 C	-0,43 C
4	653 A	1,7 A	4,9 B	0,67 B	0,19 B
5	703 A	1,8 A	10,5 A	2,46 A	0,77 A
6	723 A	1,9 A	9,3 A	2,52 A	0,76 A

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Como se observa en el cuadro anterior, no hubo efecto significativo en la carga, aunque la misma este determinada por la OF y el disponible los cuales sí fueron diferentes entre los períodos. Esto se puede deber a la variabilidad en los datos. Por este motivo se procedió a analizar el efecto período dentro de cada estación y disminuir así la variabilidad.

En cuanto a la OF, G/ha y g/a se encontraron diferencias significativas entre los períodos. Por la misma causa del párrafo anterior el análisis de las mismas de desarrollará en los cuadros siguientes, donde los períodos están agrupados por estación.

4.4.2.3 Efecto de la interacción período de estudio por nitrógeno

Hubo efecto significativo en la interacción período por nitrógeno en las variables G/ha y g/an. El cuadro resumen del mismo se presenta en el ANEXO No. 3.

Con el fin de entender que variable es la que explica mejor las variaciones en la ganancia diaria individual y por hectárea se estudiaron las regresiones de la MSdis, MSdes y OF en función de dichas variables. Se excluyó del análisis el período 1 de evaluación ya que consistía en un gran volumen de MS diferida de la estación anterior que no es representativa del experimento. Los resultados muestran que la relación entre la MSdes y la ganancia no es significativa ($p < 0,1$), lo cual era esperable ya que la MSdes no refleja el consumo individual de MS. Sin embargo, la relación de la MSdis con la ganancia diaria por hectárea y por animales si es significativa ($p < 0,05$) pero presenta un R^2 muy bajo por lo cual la regresión explica muy poco la relación entre ambas variables, ya que tampoco se refleja la relación de la MS disponible con los kg de PV en pastoreo. En cuanto a la OF la relación es muy significativa ($p < 0,001$) y $R^2 = 0,81$, tanto para la ganancia diaria individual y por hectárea. El alto coeficiente de determinación indicaría que las variaciones en las ganancias están explicadas en gran medida por la OF. En la figura siguiente se presenta la relación de la OF con las ganancias diarias por animal y por hectárea.

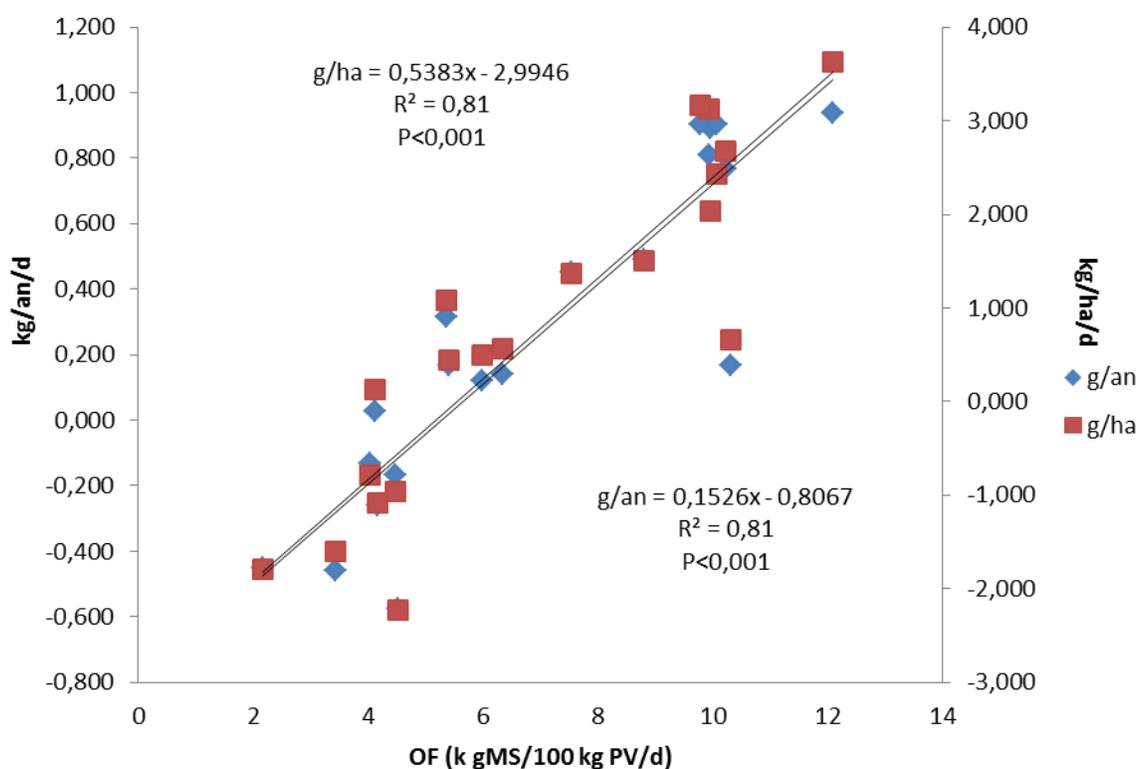


Figura No. 17: Relación entre la ganancia diaria por hectárea y por animal (G/ha/d) y g/an/día (respectivamente) con la oferta de forraje (kgMS/100kgPV/día)

Como puede observarse en la figura anterior la g/ha y g/an están explicadas en un 81% por la OF. La g/an se hace cero con valores de OF iguales a 5,2%PV mientras que la g/ha con valores de OF iguales a 5,6%PV. Esto explica las pérdidas de PV en los períodos de invierno con OF inferiores a 5,2%PV (cuadro No. 17) y las ganancias en primavera con valores de OF superiores a 5,6%PV (cuadro No. 18). Por lo tanto las OF definidas en 6%PV en el planteo del experimento hubieran cubierto los requerimientos de mantenimiento, e inclusive se pudieron haber dado ganancias de 100g/an/día.

En primavera la OF definida fue de 10%PV con la hipótesis de darse la optimización entre ganancia media diaria (GMD) y ganancia por hectárea (GHA). Para este experimento la máxima producción por hectárea y por animal se dio con las mayores OF, siendo similar a lo reportado por Maraschin (1998) para el sur de Brasil, el cual se encuentra entre 11 y 12% PV de OF. No debe descartarse el efecto del crecimiento compensatorio en las altas ganancias primaverales dado que los animales sufrieron restricciones alimentares previamente.

4.5 PRODUCCIÓN DE PESO VIVO

En el cuadro No. 25 se presenta la producción de peso vivo (kg/ha) por parcela y por tratamiento. En la estación invernal se registraron pérdidas de peso en todas las parcelas asociadas a las bajas ofertas de forraje en dicha estación (cuadro No. 13), obteniendo valores negativos de producción de PV. Las diferencias en kg/ha entre los tratamientos para el invierno fue de 51 kg/ha, siendo mayores las pérdidas en el tratamiento N114, sin embargo no se detectaron diferencias estadísticas entre los tratamientos lo cual sería esperable por tratarse del mismo tratamiento en esta estación para todas las parcelas.

Cuadro No. 24: Producción de peso vivo por hectárea (kg/ha) por parcela y por tratamiento en invierno, primavera y total

Parcela	N	kg/ha I	kg/ha P	kg/ha T
1	114	-134	171	37
2	60	-126	186	59
3	60	-31	98	67
4	114	-130	177	47
Prom	60	-79 A	142 A	63 A
Prom	114	-132 A	174 A	42 B

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

En primavera se observan mayores producciones de PV en todas las parcelas, asociadas a las mayores OF (cuadro No. 14), superando lo reportado por Maraschin (1998) quien afirma que con OF entre 11 a 12 % PV se obtienen ganancias de 500g/animal/día (cuadro No 23). La producción del tratamiento N114 fue 30 kg superior respecto a N60 pero no se detectaron diferencias estadísticamente significativas. Esto se debe a la gran variabilidad de los datos en ambas estaciones, donde la parcela 3 presentó un comportamiento distinto a las demás, con menores pérdidas en el invierno (como se explicó en el cuadro No. 19), y menores ganancias en la primavera, debido a las bajas ganancias individuales y a los kg PV/ha en dicha estación en relación a las otras parcelas como puede observarse en los cuadros siguientes. Analizando la producción de PV por tratamiento se observa que en N114 a pesar de tener menores ganancias individuales presentó mayor carga (cuadros No. 25 y 26 respectivamente) y por lo tanto mayor producción de PV/ha. Esta mayor carga animal fue posible por la mayor producción de forraje que presentó este tratamiento en esta estación, observándose el efecto de la mayor dosis de nitrógeno (cuadro No. 10) En cuanto a la producción de PV total en todo el período de estudio sí se observaron diferencias estadísticas significativas,

siendo la producción del tratamiento N60 21kg/ha superior a N114, lo cual se atribuye a las mayores pérdidas del tratamiento N114 en la estación invernal.

Como conclusión, la producción total de PV de los tratamientos de N podría haber estado muy por encima de los valores logrados. Utilizando las ecuaciones del modelo de la figura No. 17 con los valores de OF planteadas al inicio del experimento, de 6%PV para invierno y 10%PV en primavera, se pudieron haber alcanzado valores de 250kg de producción de PV entre estas estaciones. Debe considerarse que el modelo puede variar si las ganancias hubieran sido diferentes.

Se considera que se daría una diferencia positiva a favor de la dosis alta de N, basados en que los tratamiento de alto N produjeron más forraje por lo tanto permitirían mantener mayor carga animal a igual OF redundando en una mayor G/ha.

Cuadro No. 25: Ganancias individuales promedio por parcela en las estaciones invierno y primavera

Parcela	Ganancia individual (kg/a/día)	
	Invierno	Primavera
1	-0,243	0,405
2	-0,253	0,525
3	-0,081	0,335
4	-0,345	0,295
N60	-0,17	0,430
N114	-0,29	0,350

Cuadro No. 26: Carga promedio (PV kg/ha) en cada parcela en invierno y primavera

Parcela	Carga (KgPV/ha)	
	Invierno	Primavera
1	907	884
2	916	779
3	674	852
4	787	1010
N60	795	815
N114	847	947

No se encontraron diferencias significativas ($p < 0,1$) entre los tratamientos en cuanto a la carga, sin embargo, en primavera el tratamiento N114 mantuvo 132kgPV más por hectárea en relación a N60. A pesar de esto y por no encontrarse diferencias en la OF (cuadro No. 14), existe una tendencia positiva al aumento de la carga con la mayor dosis de N, lo cual se explica por la mayor producción de forraje en este tratamiento. Esto coincide con lo planteado por Zanoniani (2009), quien afirma que la fertilización nitrogenada a igual nivel de oferta de forraje (9,0%PV) indica que existe un aumento tanto de la carga animal como de la dotación a medida que aumenta la dosis de fertilizante hasta aproximadamente 200 kg N/ha, con mayor pendiente hasta los 150 kg N/ha, lo cual está directamente relacionado con el aumento en la cantidad de forraje producido.

4.6 ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

A continuación se procederá a realizar un análisis de las variables que resumen el comportamiento de las parcelas frente al efecto de las diferentes dosis de nitrógeno. Para ello se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) presentándose en la figura siguiente el biplot resultado del mismo.

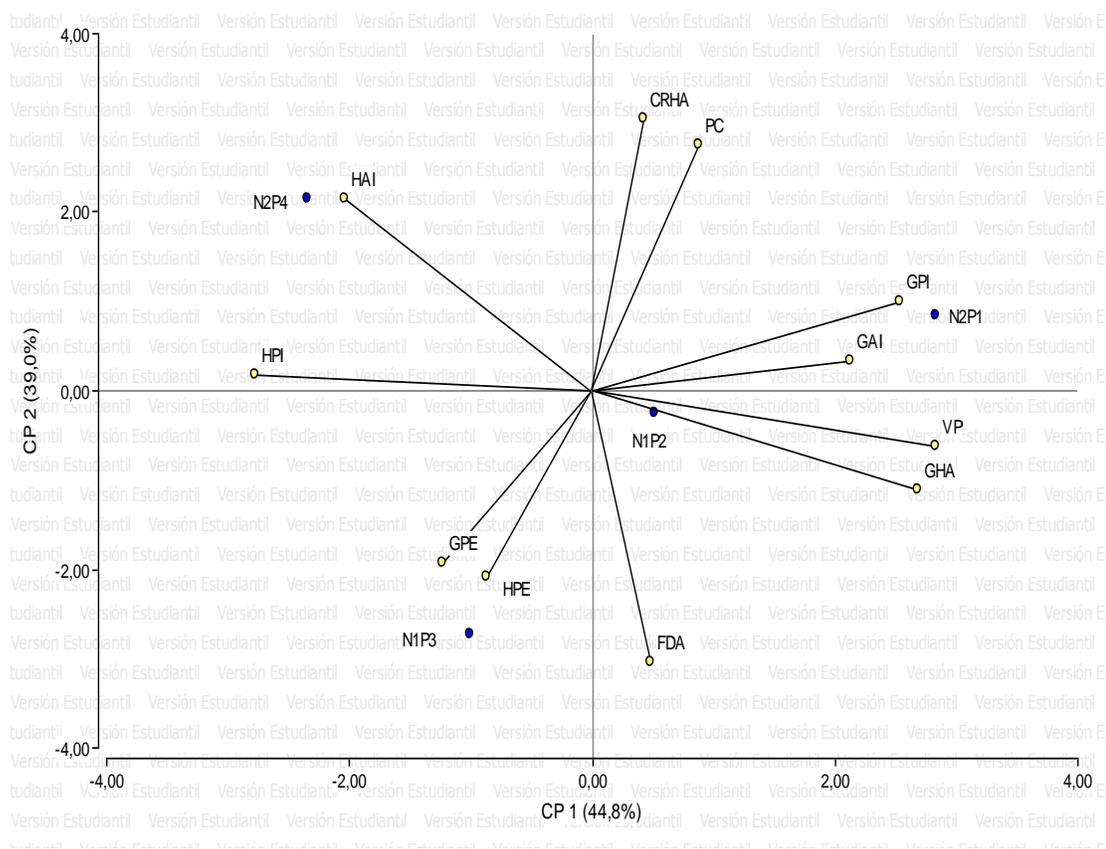


Figura No. 18: Biplot de grupos de especies y tratamientos por parcela resultado de un ACP. Nitrógeno 60 Kg/ha (N1), Nitrógeno 114 Kg/ha(N2), parcela 1 (P1), parcela 2 (P2), parcela 3 (P3), parcela 4 (P4), % de proteína cruda (PC), % de fibra detergente ácido (FDA), crecimiento de materia seca por ha (CRHA), gramíneas perennes invernales (GPI), gramíneas perennes estivales (GPE), gramíneas anuales invernales (GAI), hierbas perennes invernales (HPI), hierbas perennes estivales (HPE), hierbas anuales invernales (HAI), valor pastoral (VP), ganancia por ha (GHA)

Cuadro No. 27: Correlaciones de los componentes principales 1 y 2 con las variables originales, gramíneas perennes estivales (GPE), gramíneas perennes invernales (GPI), hierbas perennes estivales (HPE), hierbas perennes invernales (HPI), gramíneas anuales invernales (GAI), hierbas anuales invernales (HAI), valor pastoral (VP), crecimiento de materia seca por ha (CRHA), ganancia por ha (GHA), % de proteína cruda (PC), % de fibra detergente ácido (FDA)

Variables	CP1	CP2
GPE	-0,43	-0,62
GPI	0,87	0,32
HPE	-0,30	-0,67
HPI	-0,96	0,06
GAI	0,73	0,11
HAI	-0,70	0,69
VP	0,98	-0,20
CRHA	0,14	0,98
GHA	0,92	-0,36
PC	0,30	0,88
FDA	0,17	-0,98
Correlación cofenética = 0,997		

Como se observa en la figura No. 18: los dos componentes principales resumen un 83,8% de la información de las parcelas. El CP1 se encuentra más asociado a VP, GPI y GHA de forma positiva y a HPI y HAI de forma negativa, mientras que el CP2 está más asociado a PC y CRHA de forma positiva y FDA de forma negativa. De esta forma si nos movemos por los CP las variables estarán más o menos asociadas entre sí.

Como se mencionó anteriormente los bloques del experimento fueron definidos en base a la composición florística de las mismas. Las parcelas 1 (N114) y 2 (N60) pertenecen al bloque 1 mientras que la 3 (N60) y la 4 (N114)

pertenecen al bloque 2. Se puede observar cómo se separan los bloques, tomando las parcelas del bloque 1 valores positivos en CP1 mientras que las parcelas del bloque 2 toman valores negativos. A su vez se destaca la variabilidad dentro de bloque ya que todas las parcelas se ubican en cuadrantes diferentes, pero siendo más similares las parcelas del bloque 1 por estar más cercanas entre sí.

Los tratamientos de N alto se agrupan a valores positivos del CP2 mientras que las parcelas con N bajo se ubican a valores negativos. En el gráfico se aprecia que la parcela 1 que recibió el tratamiento de N alto, está asociada a GPI y GAI mientras que la P4 que recibe el mismo tratamiento está más asociada a HAI, HPI. Esta diferencia en el tapiz en que fue localizado este tratamiento puede ser un factor que enmascare el efecto del agregado de N. En estas condiciones, el efecto del agregado de N está confundido con la localización, no pudiendo ser determinado de forma aislada. Otro factor que puede estar explicando esta diferencia en la vegetación de ambas parcelas es el sobrepastoreo que sufrió la parcela 4 en el período 3, alcanzando 2%PV de OF, lo cual ocasiono un aumento en la superficie de suelo desnudo favoreciendo el rebrote de estos grupos de especies. Berretta et al. (1998) reportan el aumento de hierbas enanas en invierno, con fertilización, en cargas altas y con tapíz más bajo, donde prosperan al ser plantas de bajo porte. Según Bemhaja et al. (1998) la evolución a la mayor participación de especies invernales al recubrimiento del suelo en los tratamientos fertilizados es significativa a partir del segundo año de fertilización. En cuanto a la parcela 1, la presencia de GAI (*Lolium multiflorum*) pudo haberse favorecido por la alta fertilización, ya que los pastos anuales son grandes consumidores de nitrógeno (Kay y Evans, citados por Young et al., 1999). Ayala y Carámbula (1994), también observaron que este grupo de especies tuvo un aumento importantísimo con la fertilización, al igual que las GPI (Berretta et al., 1998). De

hecho, en el estudio de todo el período de evaluación, las GPI tuvieron mayor aporte en el tratamiento alto de N.

En cuanto a las parcelas que recibieron N bajo, la parcela 3 está más asociada a GPE, HPE y FDN, mientras que la parcela 2 es más diversa, estando poco asociada a alguna de las variables en particular. Esta mayor proporción de GPE en la parcela 2 puede estar asociada al nitrógeno bajo ya que esta fracción se reduce con incrementos en la fertilización (Rodríguez et al., 2008a) y en el estudio de todo el período de evaluación las GPE tuvieron mayor aporte en el tratamiento de N bajo. Según Ferrés (1982), las gramíneas estivales más apetecidas presentan en general mayor proporción de esclerénquima, vaina mesoestomática y tejido vascular (componentes indigestibles que componen la fibra) que las invernales más apetecidas y esta diferencia es más notoria en los pastos duros, por lo cual es clara la asociación del componente GPE con la fracción FDN.

Como conclusión de este análisis se destaca en primera instancia la asociación existente entre las gramíneas invernales, el VP y la GHA, que se vio reflejado en la parcela 1 (dosis alta de nitrógeno). Esto estaría indicando que la fertilización otoño-invernal con dosis altas de N promueve a las especies invernales, mejorando el valor pastoral del campo, ya que aumenta la contribución de especies de mayor tipo productivo y por lo tanto la cantidad y la calidad del forraje consumido por los animales, lo cual se asocia a mayores GHA. A su vez existe una alta asociación entre HPI y HAI con la parcela 4, donde también hubo alta fertilización, producto esto de una baja OF invernal, la que favoreció el aumento de suelo desnudo generando un ambiente propicio para el establecimiento de éstas hierbas (Young et al., 1999) las cuales se ven favorecidas por la fertilización. Esto resalta la gran importancia del ajuste de la OF en la productividad primaria y secundaria del campo natural indistintamente del nivel de fertilización. En segundo lugar es de destacar la asociación

existente entre las GPE, HPE y FDN la cual se vio reflejada en la parcela 3 (nitrógeno bajo). Esto indicaría una mayor proporción de especies estivales en tratamientos con dosis bajas de N debido a la menor promoción de las especies invernales, lo cual está asociado además a mayores valores de FDN, posiblemente por el mayor contenido de pared celular de las especies estivales, determinando por lo tanto menor calidad de la MS consumida por los animales.

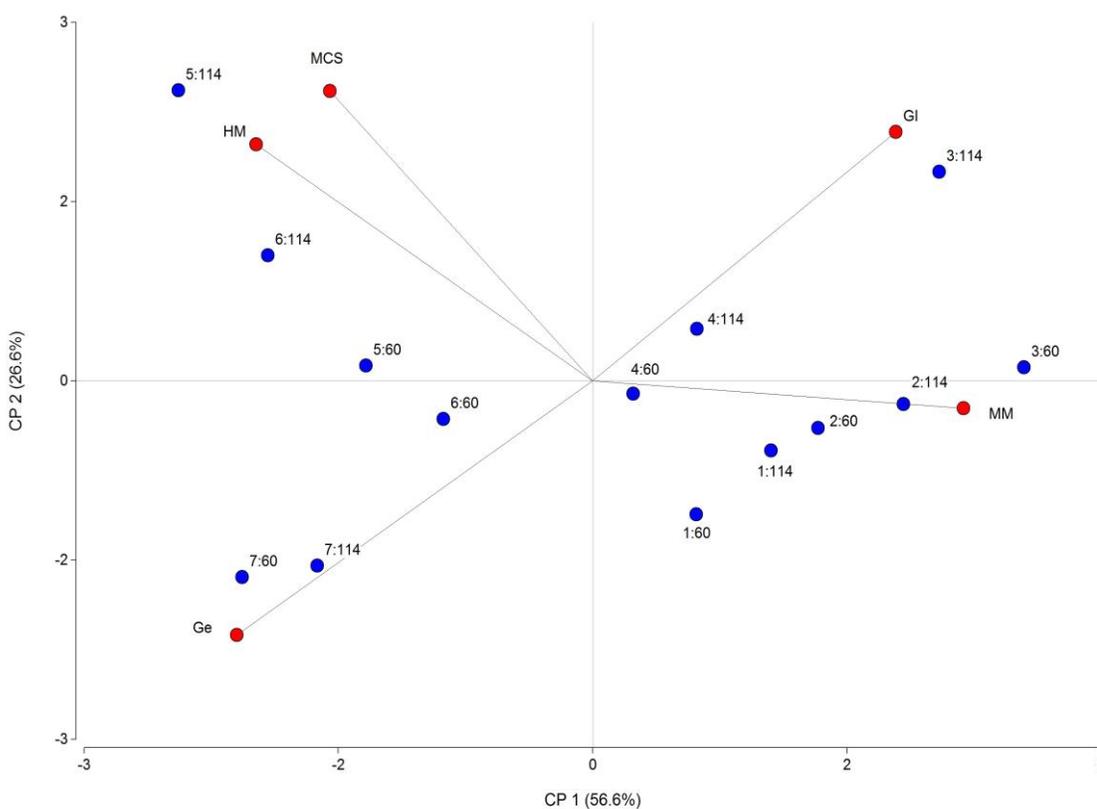


Figura No. 19: Biplot de grupos de especies, hierbas menores (HM), malezas de campo sucio (MCS), gramíneas invernales (GI), material muerto (MM), gramíneas estivales (GE), y tratamientos (114 y 60) por período (1, 2, 3, 4, 5, 6) resultado de un ACP.

Cuadro No. 28: Correlaciones de los componentes principales 1 y 2 con las variables originales, gramíneas estivales (GE), gramíneas invernales (GI), hierbas menores (HM), malezas de campo sucio (MCS) y material muerto (MM)

Variables	CP1	CP2
Ge	-0,82	-0,57
GI	0,70	0,56
HM	-0,77	0,53
MCS	-0,6	0,65
MM	0,85	-0,06
Correlación cofenética = 0,952		

Como se observa en el cuadro No. 28 y en la figura No. 19, el CP1 está más asociado a MM, tomando valores positivos, y a HM y Ge, tomando valores negativos, mientras que el CP2 presenta una asociación intermedia para Ge, GI, HM, y MCS, estando poco asociado a MM.

El mayor aporte de GI en el tratamiento alto de N y el mayor aporte de GE en el tratamiento bajo de N muestra una sustitución de especies, volviéndose más invernal el tapiz en el tratamiento alto de N por una promoción de estas especies y más estival con dosis más bajas de N al no verse tan promovidas las especies invernales.

También se observó una clara estacionalización de las GI y Ge teniendo las primeras mayor aporte en los períodos 1, 2 y 3 correspondientes al invierno e inicio de primavera y las segundas mayor aporte en los períodos 5 y 6, correspondientes a la primavera mostrando esto el mayor desarrollo de cada grupo según su ciclo de producción. El período 4 muestra un comportamiento intermedio en cuanto a la contribución de las especies determinando una transición entre ambas estaciones. Esto también se puede ver en el biplot

(figura No. 19) donde se ve claramente que los períodos de invierno se separan de los períodos de primavera por su composición botánica, donde en invierno se ven más asociadas las GI y el MM, debido al excedente de otoño que pasó a esta estación. La primavera se encuentra más asociadas a las GE y MCS, ambas por sus ciclos productivos estivales, y las HM debido a la mayor proporción de suelo desnudo en esta estación el cual se dio por bajas OF invernales.

Como conclusión de estos últimos párrafos vemos que la composición botánica de las parcelas se vio más asociada a las estaciones que a las dosis de N. Esto pudo verse potenciado por fallas en el ajuste de la OF no permitiendo el mayor desarrollo de especies invernales y dejando una alta proporción de suelo desnudo en el cual se desarrollaron HM y cardos.

4.7 EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE EL FLUJO Y EFICIENCIA DE TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA

Con el fin de estudiar la eficiencia de transformación de la energía se realizaron los siguientes cálculos:

Cuadro No. 29: Flujo y eficiencia de transformación de la energía

PAR/Prod primaria aérea				PAR/Prod Secundaria		Prod prim/ Prod sec	
N	Tot	Inv	Prim	Tot	Prim	Total	Prim
60	0,54	0,55	0,53	0,013	0,048	43,78	11,76
114	0,63	0,56	0,66	0,010	0,036	65,81	19,76
Promedio	0,58	0,55	0,60				

En el cuadro No. 29 se presenta el flujo y la eficiencia de transformación de la energía como PAR/Prod. primaria aérea, PAR/Prod. secundaria y la

relación Prod prim/Prod sec para los dos tratamientos de nitrógeno. No se detectaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,1$) entre tratamientos en ninguna de las variables mencionadas anteriormente.

Cuadro No. 30: Efecto de la intensidad de pastoreo sobre el flujo y eficiencia de transformación de energía en una pastura natural del sur de Brasil

OF	Eficiencia de transformación (MJ/MJ)			
	4%	8%	12%	16%
PAR/prod prim aérea	0,20	0,33	0,36	0,32
PAR/prod sec	0,009	0,015	0,017	0,013
Prod prim/prod sec	4,48	4,53	4,66	4,10

Fuente: Nabinger (1998)

En el cuadro No. 30 se presenta la eficiencia de transformación de energía en producción primaria aérea, producción secundaria y la relación entre ambas variables. Para las mismas no se observaron diferencias significativas entre estación ni entre las distintas dosis de nitrógeno.

Comparando los datos de eficiencia de transformación de energía en producción primaria aérea con los obtenidos por Nabinger (1998) en un campo natural sin fertilizar, se observa la mayor eficiencia obtenida debido a la fertilización nitrogenada, tanto en invierno como en primavera. Esta promueve el crecimiento vegetal y por lo tanto una mayor área foliar que explica la mayor eficiencia de transformación de PAR incidente en producción primaria (Nabinger, 1998).

Teniendo en cuenta una OF promedio en todo el período y entre ambos tratamientos de nitrógeno de 7,2%PV es posible comparar la eficiencia de transformación de PAR incidente en producción primaria con la obtenida por

Nabinger (1998) con 8% de OF, observándose una eficiencia 25% superior para el campo natural fertilizado, aunque ésta haya tenido una OF 0,8% inferior. Si comparamos la OF promedio del invierno (6%PV) con los datos obtenidos por Nabinger (1998) (promedio entre OF 4 y 8%PV), la eficiencia de transformación es 29% superior, y para primavera con una OF de 8,5%PV se obtuvo una eficiencia 26% superior a la obtenida por Nabinger (1998) con 8%OF.

En cuanto a la producción secundaria total los valores fueron similares a los obtenidos por Nabinger (1998), aunque inferiores, demostrando la ineficiencia en la transformación de energía de producción primaria en producción secundaria. Esta diferencia es más pronunciada en el tratamiento N114, el cual se vio afectado por las bajas OF invernales en la parcela 4, evidenciando la causa de esta ineficiencia. Esta situación se revierte en primavera, tomando valores superiores a los obtenidos por Nabinger (1998) con 8% de OF. Por lo tanto la baja producción secundaria total en relación a la alta producción primaria aérea, que se refleja en la relación Prod prim/Prod sec, evidencia la ineficiencia en el flujo de transformación de la energía que se da por las bajas OF.

4.8 CONSIDERACIONES FINALES

En cuanto a los resultados obtenidos no se encontraron diferencias significativas entre las dosis de nitrógeno para el período total de estudio, en ninguna de las variables de la pastura y animales estudiadas, debido a la gran variabilidad de los datos entre períodos.

Al analizar el efecto de los tratamientos en las respuestas estacionales, se observaron diferencias significativas en la producción de forraje, siendo N114 un 17% superior a N60. Este efecto se encuentra “diluido” ya que no hubo

diferencias significativas en invierno, lo cual era esperable ya que los niveles de nitrógeno aplicados eran iguales hasta ese momento.

Si se observa dentro de cada estación por separado, se destaca la TC promedio en invierno de 10kgMS/ha/día con una dosis de 60kg de N, valor superior a 4,4 kgMS/ha/día reportado por Boggiano et al. (2005) para campo natural sin fertilizar. En primavera la producción de MS es 24,2% superior entre niveles de nitrógeno y 216% superior la producción de esta estación respecto al invierno.

La MSdes y MSdes% también presentaron diferencias significativas entre tratamientos en primavera, siendo superior en el tratamiento N114. Esto se atribuye a un aumento en la producción de forraje y la mayor carga en el nivel alto de N, a pesar de no haberse encontrado diferencias entre tratamientos en ninguna de las variables animales debido a que las OF fueron las mismas, y debido a que no hubo una mejora en la calidad del forraje.

En cuanto a la producción animal se registraron pérdidas de PV durante el invierno asociado a las bajas OF o a la calidad del forraje diferido aun cuando las ofertas fueron altas. En esta estación se registraron pérdidas de 500g/animal/día con 2% OF, mientras que en primavera con un OF promedio de 8,5%PV las ganancias son superiores a 500g/animal/día.

El ajuste logrado entre la ganancia animal y la OF indican que con OF de 5,2%PV se estarían cubriendo los requerimientos de mantenimiento, aumentando las ganancias con el aumento de la oferta.

Estas OF obtenidas determinaron una mayor producción total de PV en el tratamiento bajo de N (64 vs 45kgPV/ha), explicado por las mayores pérdidas invernales de PV en el tratamiento N114, debido a las menores OF respecto a N60.

En primavera, a pesar de que las ganancias diarias individuales fueron 100g inferiores en N114, este tratamiento soporto 134 kg más de carga determinando una producción de 32kgPV/ha superior a N60.

La composición botánica de los tratamientos se vio fuertemente asociada a la estación, con mayor contribución de las especies invernales en la estación invernal y de las especies estivales en la estación primaveral. Sin embargo se observó un efecto residual de la fertilización nitrogenada de años anteriores, con una mayor proporción de gramíneas perennes invernales en el tratamiento N114, asociándose esta fracción a mayor valor pastoral y a mayor ganancia/ha, asociada a que aumenta la contribución de especies de mayor tipo productivo y por lo tanto la cantidad y la calidad del forraje consumido por los animales.

Por otro lado el tratamiento de N bajo presentó mayor asociación a especies estivales debido a la menor promoción de las especies invernales, lo cual está asociado además a mayores valores de FDN, por presentar estas especies mayor contenido de esclerénquima, vaina mesotómica y tejido vascular (Ferrés, 1982) determinando por lo tanto menor calidad de la MS consumida por los animales.

Por último se destaca la alta eficiencia obtenida con la fertilización en la transformación de la energía en producción primaria y no así en producción secundaria lo cual demuestra una ineficiencia en el flujo de energía debido a las bajas OF, no encontrándose diferencias entre las dosis de nitrógeno.

5. CONCLUSIONES

El incremento de la fertilización nitrogenada permitió aumentar la producción de forraje invierno-primaveral y como consecuencia incrementar la carga en kg/ha de PV.

El ajuste de la OF aparece como el factor determinante en la producción de PV total, indistintamente del nivel de nitrógeno utilizado.

Existe efecto residual del nitrógeno de fertilizaciones anteriores en la composición botánica, estando más asociados los niveles altos de nitrógeno a la contribución de gramíneas perennes invernales.

El cambio en la composición botánica modificó el valor pastoral del campo natural asociándose a variaciones en las ganancias por hectárea.

La combinación de bajas OF invernales y altas dosis de nitrógeno promueve la aparición de suelo desnudo el cual es colonizado por hierbas anuales.

La fertilización nitrogenada permite obtener alta eficiencia en transformación de la energía en producción primaria, siendo la producción secundaria dependiente de la OF.

6. RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el potrero 18 de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) de la Facultad de Agronomía, ubicada en el Km 363 de la ruta General Artigas, departamento de Paysandú, Uruguay (32° 20' 9'' latitud Sur y 58° longitud Oeste, 61 ms. n. m.). El período de evaluación del experimento fue invierno (28/05 al 31/08) y primavera (01/09 al 03/12). El objetivo del trabajo fue evaluar la respuesta invierno-primaveral de una pastura natural del litoral fertilizada con nitrógeno, bajo pastoreo continuo, manejado por ofertas de forraje variable según la estación (6 y 10%PV respectivamente) en: producción de forraje, evolución de la composición botánica y producción de PV. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con dos repeticiones, evaluando dos niveles de nitrógeno, 60 y 114 kg/ha de N. Las variables medidas son producción de forraje, forraje presente, forraje disponible, forraje desaparecido, tasa de crecimiento, evolución de la proporción de especies en la pastura, producción de PV por hectárea (kg/ha de PV), carga en kg/ha de PV y unidades ganaderas (UG/ha), ganancia por hectárea y ganancia por animal, y oferta de forraje (OF). Los resultados muestran una interacción significativa período por nitrógeno para la producción de MS, siendo ambos tratamientos iguales en la estación invernal; obteniéndose una producción 24,2% superior en primavera con el nivel alto de nitrógeno y 216% superior respecto a la producción invernal. Además existen diferencias significativas en forraje desaparecido en primaveral, siendo mayor con dosis alta de N, que se atribuye al mayor crecimiento de la pastura que determina mayor consumo. En cuanto a la producción animal se destacan las pérdidas de peso vivo en todos los períodos de invierno con una OF promedio de 5,95%PV, mientras que en primavera con un OF promedio de 8,5%PV las ganancias son superiores a 500g/animal/día, lográndose ganancias de 900g/animal/día con 10%OF y no encontrándose diferencias significativas entre

tratamientos en ambas estaciones en ninguna de las variables animales estudiadas. A pesar de esto el tratamiento de N114 presentó mayores pérdidas de PV en invierno lo cual se atribuye a las menores OF en toda la estación respecto a N60, alcanzando pérdidas de 500 g/animal/día con 2% de OF en una de las parcelas, mientras que en primavera éste tratamiento mantuvo 114kg más de PV respecto a N60, y a pesar de presentar 100g menos de ganancia diaria por animal se produjeron 32kg de PV más por hectárea. Es de destacar la degradación del campo natural que se produce con OF muy bajas (2%PV) aumentando la superficie de suelo desnudo que es colonizada por malezas anuales que se ven favorecidas por la fertilización. Además se observó un efecto residual de fertilizaciones nitrogenadas anteriores en el cambio en la composición botánica, con una mayor participación de gramíneas perennes invernales en el tratamiento N114, asociándose esta fracción a mayor valor pastoral y a mayores ganancias/ha. Además se destaca la alta eficiencia obtenida con la fertilización en la transformación de la energía en producción primaria y no así en producción secundaria lo cual demuestra una ineficiencia en el flujo de energía debido a las bajas OF.

Palabras clave: Nitrógeno; Campo natural; Ofertas de forraje; Invierno; Primavera.

7. SUMMARY

This research was carried out in the 18th paddock at the Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) of the School of Agronomy, located on route General Artigas, Km. 363, in the department of Paysandú, Uruguay (32° 20' 9" South and 58° West, 61 MASL). The evaluation was conducted in winter (28th May to 31st August) and spring (1st September to 3rd December). The purpose and aim of this experiment was to measure the winter/spring response of natural pasture in the western littoral of the country, fertilised with nitrogen and subject to continuous grazing under variable offers of forage depending on the season –6 and 10% of live weight (LW) respectively–: forage production, evolution of botanical composition and LW production. The experimental design consisted of complete randomised blocks with two replications, assessing two levels of nitrogen, 60 and 114 kg/ha of N. The variables measured were: forage production, present forage, available forage, missing forage, growth rate, evolution of proportion of species on the pasture, LW production per hectare (kg/ha of LW), load in kg/ha of LW and livestock units (LSU/ha), profit per hectare and per animal, and forage provision* (FP). Results have shown a significant interaction in each period for each level of nitrogen in the production of dry matter (DM), both treatments being the same in the winter season, obtaining a production 24.2% higher in spring with a high level of nitrogen and 216% higher in comparison with winter production. Moreover, there exist some significant differences in the amount of missing forage in spring, which is larger with a higher dose of N, attributed to a faster growth of the pastures which entails more consumption. As regards animal production, live weight loss throughout the winter season stands out with an average FP of 5.95%, while in spring with an average FP of 8.5% there is an increase of over 500g/animal/day, attaining rates of increase of up to 900g/animal/day with an FP

of 10%, not having found significant differences between treatments in both seasons in any of the animal varieties that were studied. Nevertheless, treatment with N114 showed a greater loss of LW in winter, which is alleged to lower FP throughout the whole season with respect to N60, reaching losses of up to 500g/animal/day with an FP of 2% in one of the parcels, while in spring this same treatment kept 114kg more of LW with respect to N60, and despite each animal gained 100g less per day, there was an increase of 32kg of production of LW per hectare. It is important to highlight the natural deterioration of the field which takes place with a very low FP (2%LW), increasing the bare soil surface colonised by annual weeds which are favoured by fertilisation. Furthermore, a residual effect of previous nitrogen fertilisers was observed in the alteration of the botanical composition, with more participation of winter perennial grasses in treatment N114, associating this fraction to a higher pastoral value and to more profit/ha. It is worth mentioning as well the high levels of efficiency obtained by fertilisation in the transformation of energy in primary production, yet not in secondary production, which shows a lack of efficiency in the energy flow due to low FP.

Keywords: Nitrogen; Natural pasture; Forage provision; Winter; Spring.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ACOSTA, Y. 1991. Estimadores del valor nutritivo para producción de leche. In: Pigurina, G.; Methol, M.; Acosta, Y.; Bassewitz, H.; Mieres, J. eds. Guía para alimentación de rumiantes. Montevideo, INIA. pp. 33-44 (Serie Técnica no. 5).
2. AGUINAGA, A. J. Q.; FRIZZO, A.; NABINGER, C.; CARBALHO, P. C. F.; AGUINAGA, A. A. Q.; GUMA, J. M. C. R. CAUDURO, G. F. 2004. Efeito da manipulação estacional da oferta de forragem no bioma campos sulinos sobre a produção primária e secundária. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (20^a., 2004, Salto, Uruguay). Sustentabilidad, desarrollo y conservación de los ecosistemas. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 213-315.
3. ANSLOW, R. C. 1996. The rate of appearance of leaves on tillers of the Gramineae. *Herbage Abstracts*. 36 (3): 149-155.
4. ALTAMIRANO, A.; Da SILVA, H.; DURÁN, A.; ECHEVERRÍA, A.; PANARIO, D.; PUENTES, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay, clasificación de suelos. Montevideo, MAP. Dirección de Suelos y Fertilizantes. t.1, 96 p.
5. APEZTEGUÍA, E. 1994. Potencial produtivo de uma pastagem natural do Rio Grande do Sul, submetida a distintas ofertas de forragem. Tesis Magister em Zootecnia. Porto Alegre, Brasil. Universidad Federal de Rio Grande do Sul. Facultad de Agronomia. 168 p.

6. AYALA, W.; CARÁMBULA, M. 1994. Nitrógeno en campo natural. In: Seminario de Actualización Técnica Nitrógeno en Pasturas (1994, La Estanzuela). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 33-42 (Serie Técnica no. 51).
7. AZANZA, A.; PANISSA, R. J.; RODRÍGUEZ, H. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el período primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 83 p.
8. BELLINI, F.; HOURCADE, M.; RUTE, M.; URIBE, F. 1994. Efecto del manejo del pastoreo sobre la productividad y la composición botánica de un campo regenerado sobre la Unidad San Manuel. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 245 p.
9. BEMHAJA, M. 1994. Fertilización nitrogenada en sistemas ganaderos. In: Seminario de Actualización Técnica Nitrógeno en Pasturas (1994, La Estanzuela). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 49-56 (Serie Técnica no. 51).
10. _____.; BERRETTA, E. J.; BRITO, G. 1998. Respuesta a la fertilización nitrogenada de campo natural en basalto profundo. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (14^a., 1998, Termas del Arapey, Salto, Uruguay). Anales. Montevideo, INIA. pp. 119-122 (Serie Técnica no. 94).
11. BERRETTA, E. J. 1988. El pastoreo como herramienta para mejorar la productividad de las pasturas naturales. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos y

Chaco (9^a., 1987, Tacuarembó, Uruguay). Trabajos presentados. Tacuarembó, s.e. pp. 79-93.

12. _____. 1989. Técnicas para evaluar la dinámica de pasturas naturales en pastoreo. In: Reunião do Grupo Técnico Regional do Cone Sul em Melhoramento e Utilização dos Recursos Forrageiros das Áreas Tropical e Subtropical; Grupo Campos (11^a., 1989, Lages, SC, Brasil). Trabalhos apresentados. Lages, s.e. pp. 129-147.
13. _____.; do NASCIMENTO, D. 1991a. Glosario estructurado de términos sobre pasturas y producción animal español – portugués. Montevideo, Uruguay, IICA. 126 p. (Diálogo no. 32).
14. _____. 1991b. Producción de pasturas naturales en el basalto. A. Producción mensual y estacional de forraje de cuatro comunidades nativas sobre suelos de basalto. In: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. pp. 12-18 (Serie Técnica no. 13).
15. _____. 1996. Campo natural; valor nutritivo y manejo. In: Risso, D.F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 113-124 (Serie Técnica no. 80).
16. _____.; RISSO, D. F.; LEVRATTO, J. C.; ZAMIT, W. S. 1998. Mejoramiento de campo natural de basalto fertilizado con nitrógeno y fósforo. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 73-84 (Serie Técnica no. 102).

17. _____. 2005. Producción y manejo de la defoliación en campos naturales de basalto. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 61-73 (Serie Técnica no. 151).
18. BOGGIANO, P. R. 1990. Evaluación de 14 gramíneas perennes bajo pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 113 p.
19. _____.; MARASCHIN, G.; NABINGER, C.; RIBOLDI, J.; CADENAZZI, M.; MARÇAL, G.; MAGDALENA, E.; VIEIRO, J.; dos SANTOS, R.; SILVEIRA, F. 1998. Efeito de adubação nitrogenada (N) e da oferta de forragem (OF) sobre a composição botânica da pastagem natural. In: Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul; Zona Campos (17^a., 1998, Lages, SC, Brasil). Utilização sustentável e melhoramento de campos naturais do Cone Sul; desafios para o III milênio. Lages, s.e. p. 132.
20. _____. 2000a. Dinâmica da produção primária da pastagem nativa em área de fertilidade corrigida sob efeito de adubação nitrogenada e oferta de forragem. Tesis Doutorado. Porto Alegre, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 179 p.
21. _____.; MARASCHIN, G. E.; NABINGER, C.; RIBOLDI, J.; CADENAZZI, M. 2000b. Efeito da adubação nitrogenada e oferta de forragem sobre as taxas estacionais de acúmulo de matéria seca numa pastagem nativa de Rio Grande do Sul. In: Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul; Zona Campos (18^a., 2000, Guarapuava, Paraná, Brasil). Dinâmica da vegetação em ecossistemas pastoris. Curitiba, Paraná, s.e. pp. 120-122.

22. _____.; _____.; _____.; CADENAZZI, M.; RIBOLDI, J. 2002. Produção de matéria seca da pastagem nativa adubada com nitrogênio. In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur; Zona Campos (19°. 2002, Mercedes, Corrientes, Argentina). Sistemas de producción. Caminos para una integración sustentable. Mercedes, s.e. p. 98.
23. _____.; ZANONIANI, R.; MILLOT, J. C. 2005. Respuesta del campo natural a manejos crecientes de intervención. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 105-114 (Serie Técnica no. 151).
24. _____.; BERRETTA, E. J. 2006. Factores que afectan la biodiversidad natural del campo natural. In: Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul; Grupo Campos (21^a. 2006, Pelotas, RS, Brasil). Desafios e oportunidades do bioma campos frente á expansão e intensificação agrícola. Pelotas, Embrapa. pp. 93-104.
25. BOSSI, J. 1969. Geología del Uruguay. Montevideo, Universidad de la República, Departamento de Publicaciones. 464 p.
26. BRISKE, D. D. 1991a. Developmental morphology and physiology of grasses. In: Heitschmidt, R. K.; Stuth, J. W. eds. Grazing management an ecological perspective. Portland, Oregon, Timber. pp. 85-108.
27. _____.; HEITSCHMIDT, R. K. 1991b. An ecological perspective. In: Heitschmidt, R. K.; Stuth, J. W. eds. Grazing management an ecological perspective. Portland, Oregon, Timber. pp. 11-26.

28. CAYLEY, J. W. D.; BIRD, P. R. 1991. Measurement of pasture mass. In: Cayley, J. W. D.; Bird, P. R. eds. Techniques for measuring pastures. Victoria, Australia, Department of Agriculture. pp. 1-20.
29. CARÁMBULA, M. 1996. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 524 p.
30. _____. 1997. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 5-45.
31. _____. 2002a. Pasturas y forrajeras; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 1, 357 p.
32. _____. 2002b. Pasturas y forrajeras; manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 3, pp. 7-63.
33. CARDOZO, R.; KUNRATH, T.; BOGGIANO, P.; ZANONIANI, R.; CADENAZZI, M. 2008. Efecto residual de la fertilización nitrogenada y ofertas de forraje sobre la composición botánica de un campo natural. In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur; Grupo Campos (22^a., 2008, Minas, Lavalleja, Uruguay). Bioma campos; innovando para mantener su sostenibilidad y competitividad. Montevideo, INIA. pp. 206-207.
34. CARESANI, D.; JUANICOTENA, M. A. 2008. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la utilización de especies de un campo natural bajo pastoreo de vacunos en el período otoñal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 138 p.

35. CASTAÑO, J. P.; CERONI, N.; GIMENEZ, A.; FUREST, J.; AUNCHAYNA, R. s.f. Caracterización agroclimática del Uruguay, período 1980-2009. (en línea). Montevideo, INIA. GRAS. s.p. Consultado 1 may. 2013. Disponible en http://www.inia.org.uy/gras/agroclima/cara_agro/t_aire_t.html
36. CONRAD, C. E; WOOLFOLK, E. J; DUNCAN, D. A. s.f. Fertilization and management implications on California annual-plant range. *Journal of Range Management*. 19(1): 20-26.
37. COOPER, J. P.; TAINTON, N. M. 1968. Light and temperature requirement for the growth of tropical and temperate grasses. *Herbage Abstracts*. 38 (3): 167-176.
38. CORSI, W. C. 1978. Clima. *Miscelánea CIAAB*. no. 18: 255-266.
39. CREMPIEN, C. 2008. Antecedentes técnicos y metodología básica para utilizar en presupuestación en establecimientos ganaderos. Montevideo, Hemisferio Sur. 72 p.
40. CRUZ, P.; BOVAL, M. 1999. Efect of nitrogen on some morphogeneticaltraits of temperate and tropical perennial forage grasses. In: Simposio International Symposium Grassland Ecophysiology and Ecology (1999, Curitiba, Paraná, BR). Proceedings. Curitiba, Universidad Federal de Parana. pp. 134-150.
41. DAMBORIARENA, C. M. 1990. Avaliação agronômica de uma pastagem natural sob níveis de pressão de pastejo. Tesis Magister em Zootecnia. Porto Alegre, Brasil. Universidad Federal de Rio Grande do Sul. Facultad de Agronomia. 231 p.

42. DONKOR, N.T.; BORK, E.W; HUDSON, R.J. 1999. Defoliation effects on Bromus-Poa pasture production in Alberta. In: International Rangeland Congress (6th., 1999, Townsville, Queensland, Australia). People and rangelands building the future. Townsville, s.e. v.1, pp. 530-531.
43. DUBE, S. 1999. Effects of moisture and defoliation regime on performance of grass in semi-arid rangelands. In: International Rangeland Congress (6th., 1999, Townsville, Queensland, Australia). People and rangelands building the future. Townsville, s.e. v.1, p. 273.
44. DURÁN, A. 1985. Factores y procesos de la formación del suelo. Montevideo, Facultad de Agronomía. 143 p.
45. ERRANDONEA, M.; KUCHMAN, C. 2008. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural en *Stipa setigera* PRESL y *Bromus auleticus* TRINIUS bajo pastoreo de vacunos en el período otoño-invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 152 p.
46. FERRÉS, T. 1982. Evaluación primaria de gramíneas forrajeras por el método de la transección foliar. Revista Técnica de la Facultad de Agronomía (Montevideo). 52 (1): 78-102.
47. FORMOSO, D.; GAGGERO, C. 1990. Efecto del sistema de pastoreo y la relación ovino/vacuno sobre la producción de forraje y la vegetación del campo nativo. In: Seminario Nacional de Campo Natural (2^o., 1990, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 299-310.
48. FRAME, J. 1993. Herbage mass. In: Davies, A. ed. Sward measurement handbook. 2nd. ed. s.l., The British Grassland Society. pp. 39-67.

49. GASTAL, F.; BELANGER, G.; LEMAIRE, G. 1992. A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. *Annals of Botany*. 70: 437-442.
50. GOMES, K. E.; MOOJEN, E. L.; MARASCHIN, G. E. 1996. Evolução de uma pastagem natural do Rio Grande do Sul após cinco anos da aplicação de adubos, diferimentos e níveis de oferta de forragem. In: Reunião do Grupo Técnico Regional do Cone Sul em Melhoramento e Utilização de Recursos Forrageiros das Áreas Tropical e Subtropical; Zona Campos (16^a., 1996, Porto Alegre, RS, Brasil). Trabalhos apresentados. Porto Alegre, s.e. pp. 87-89.
51. GOMES, L. H.; MARASCHIN, G. E.; RIBOLDI, J. 1998a. Efeito de ofertas de forragem, diferimentos e adubações sobre a dinâmica da pastagem natural. I. Acumulação de matéria seca. In: Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul; Zona Campos (17^a., 1998, Lages, SC, Brasil). Utilização sustentável e melhoramento de campos naturais do Cone Sul; desafios para o III milênio. Lages, s.e. p.136.
52. _____.; _____.; _____. 1998b. Efeito de ofertas de forragem, diferimentos e adubações sobre a dinâmica da pastagem natural. II. Composição florística. In: Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul; Zona Campos (17^a., 1998, Lages, SC, Brasil). Utilização sustentável e melhoramento de campos naturais do Cone Sul; desafios para o III milênio. Lages, s.e. p.137.

53. _____.; DE FACCIIO, P. C.; NABINGER, C.; MARASCHIN, G. E. 2000. Produtividade animal de um campo nativo submetido a fertilização nitrogenada. In: Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul; Zona Campos (18^a., 2000, Guarapuava, Paraná, Brasil). Dinâmica da vegetação em ecossistemas pastoris. Curitiba, Paraná, s.e. pp. 123-125.
54. GONZALES, A.; QUEHEILLE, F.; GARCIA, A.; BOGGIANO, P.; ZANONINI, R.; CADENAZZI, M. 2004. Efecto de la oferta de forraje y fertilización nitrogenada sobre la densidad invernal de macollas por plantas de *Stipa setigera* Spreng. en un campo natural del Uruguay. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (20^a., 2004, Salto, Uruguay). Sustentabilidad, desarrollo y conservación de los ecosistemas. Salto, Facultad de Agronomía. pp. 266-267.
55. GARCIA, M. A.; GONZALEZ, O. A.; QUEHEILLE, F. 2005. Efectos de la fertilización nitrogenada y la intensidad de pastoreo sobre los componentes de la producción de forraje de *Stipa setigera* Presl. en campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 141 p.
56. HAYDOCK, K. P.; SHAW, N. H. 1975. Measurement of continuously grazed pastures. In: Cayley, J.W.D.; Bird, P.R. eds. Techniques for measuring pastures. Victoria, Australia, s.e. pp. 13-20.
57. IURATO, A.; RODRÍGUEZ, M. 2002. Evaluación morfogenética de seis genotipos de gramíneas forrajeras invernales bajo dos niveles de nitrógeno. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 107 p.

58. JOHNSON, P. S.; HODGKINSON, K. C. 1999. Tactical grazing for perennial gras survival – and Australia vs USA comparison. In: International Rangeland Congress (6th., 1999, Townsville, Queensland, Australia). People and rangelands building the future. Townsville, s.e. v.1, pp. 474-476.
59. KOUKOURA, Z.; KYRIAZOPOULUS, A.; MANTZANAS, K. 2005. Effects of fertilization on floristic diversity and herbage production in a grazed natural rangeland. *Grassland Science in Europe*. 10: 307-310.
60. LAIDLAW, A. S.; STEEN, R. W. 1989. Turnover of grass laminae and white clover leaves in mixed swards continuously grazed with steers at a high- and low-N fertilizer level. *Grass and Forage Science*. 44: 249-258.
61. LATTANZI, F.; MARINO, M. A.; MAZZANTI, A. 1997. Fertilizer nitrogen and morphogenetic responses in *Avena sativa* and *Lolium multiflorum*. In: International Grassland Congress (18th., 1997, Canadá). Proceedings. s.n.t. pp. 73-74.
62. LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. In: Gomide, J. A. ed. The ecology and management of grazing systems. s.l., UK, Centre for Agriculture and Biosciences International. pp. 3-36.
63. _____. 1997. The physiology of grass growth under grazing: tissue turnover. In: International Symposium on Animal Production Under Grazing (1997, Viçosa). Proceedings. Viçosa, MG, Brasil, s.e. pp. 117-144.

64. _____.; AGNUSDEI, M. 1999. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: International Symposium Grassland Ecophysiology and Ecology (1999, Curitiba, Paraná, BR). Proceedings. Curitiba, Universidad Federal de Parana. pp. 165-186.
65. LORENZ, R. J.; ROGLER, G. A. 1973. Growth rate of mixed prairie in response to nitrogen and phosphorus fertilization. *Journal of Range Management*. 26 (5): 365-368.
66. MARASCHIN, E. G. 1993. Experiências de avaliação de pastagens com bovinos de corte no Brasil. In: Puignau, J. P. ed. Metodología de evaluación de pasturas. Montevideo, Uruguay, IICA. pp. 127-146 (Diálogo no. 38).
67. _____.; MOOJEN, E. L.; ECOSTEGUY, C. M. D.; CORREA, F. L.; APEZTEGUÍA, E. S.; BOLDRINI, I. J.; RIBOLDI, J. 1997. Native pasture, forage on offer and animal response. In: International Grassland Congress (18th., 1997, Saskatoon). Proceedings. s.n.t. v.2, p. 288.
68. _____. 1998. Utilização, manejo e produtividade das pastagens nativas da região sul do Brasil. In: Ciclo de Palestras em Produção e Manejo de Bovinos de Corte (3o., 1998, Canoas, RS, Brasil). Ênfase, manejo e utilização sustentável de pastagens; anais. Canoas, s.e. pp. 29-39.
69. _____. 2001. Production potential of south american grassland. In: International Grassland Congress (19th., 2001, São Pedro, SP, Brasil). Proceedings. São Pedro, s.e. pp. 1-33.

70. MAZZANTI, A. E.; LEMAIRE, G.; GASTAL, F. 1994a. Effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. 1. Herbage growth dynamics. *Grass and Forage Science*. 49: 111-120.
71. _____.; _____. 1994b. Effect of nitrogen fertilization on herbage production of tall fescue sward continuously grazed by sheep. 2. Consumption and efficiency of herbage utilization. *Grass and Forage Science*. 49: 352-359.
72. _____.; WADE, M. H.; GARCÍA, S. C. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada en invierno sobre el crecimiento y la composición química de raigrás anual. *Revista Argentina de Producción Animal*. 17 (1): 25-32.
73. MILLOT, J. C.; RISSO, D.; METHOL, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, Uruguay, FUCREA. 199 p.
74. _____. 1991. Manejo del pastoreo y su incidencia sobre la composición botánica y productividad del campo natural. In: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. *Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva*. Montevideo, INIA. pp. 68-70 (Serie Técnica no. 13).
75. MOLFINO, J. H.; CALIFRA, A. 2001. Agua disponible de las tierras del Uruguay; segunda aproximación. (en línea). Montevideo, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. División Suelos y Aguas. s.p. Consultado 1 may. 2013. Disponible en

http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/publicaciones/rec_nat/agua_disp_uruguay.pdf

76. _____. 2009. Estimación del agua disponible en los grupos CONEAT; metodología empleada. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 1 may. 2013. Disponible en http://www.cebra.com.uy/renare/wp-content/files_mf/1341437011estimaciondelaguadisponibleenlosgrupos_coneat.pdf
77. MOSELEY, J.; MOSELEY, G. 1993. Laboratory methods for estimating nutritive quality; sampling and sample preparation, sampling. *In*: Davies, A. ed. Sward measurement handbook. 2nd. ed. s.l., The British Grassland Society. pp. 266-268.
78. MOTT, C. C.; LUCAS, H. L. 1952. The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. *In*: International Grassland Congress (6th., 1952, s.l.). Proceedings. s.n.t. pp. 1380-1385.
79. MOTT, G. O. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. *In*: International Grassland Congress (8th, 1960, Reading, England). Proceedings. Reading, s.e. pp. 606-611.
80. NABINGER, C. 1996. Aspectos ecofisiológicos do manejo de pastagens e utilização de modelos como ferramenta de diagnóstico e indicação de necessidades de pesquisa. *In*: Reunião do Grupo Técnico Regional do Cone Sul em Melhoramento e Utilização de Recursos Forrageiros das Áreas Tropical e Subtropical; Zona Campos (16^a., 1996, Porto Alegre, RS, Brasil). Trabalhos apresentados. Porto Alegre, s.e. pp. 17-61.

81. _____. 1998. Princípios de manejo e produtividade de pastagens. In: Ciclo de Palestras em Produção e Manejo de Bovinos de Corte (3o., 1998, Canoas, RS, Brasil). Ênfase, manejo e utilização sustentável de pastagens; anais. Canoas, s.e. pp. 54-107.
82. PARSONS, A. J. 1988. The effects of seasons and management on the growth of grass swards. In: Jones, M. B.; Lazenby, A. eds. The grass crop; the physiological basis of production. London, England, Chapman and Hall. pp. 129-177.
83. PEREIRA, A. R. 2005. Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. *Agrometeorología*. 64 (2): 311-313.
84. PINTO, J. C.; COSTA, C. O. 1998. Efeito de níveis de nitrogênio sobre a produção de qualidade da matéria seca de *Bromus auleticus trinius*. In: Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul; Zona Campos (17^a., 1998, Lages, SC, Brasil). Utilização sustentável e melhoramento de campos naturais do Cone Sul; desafios para o III milênio. Lages, s.e. p.94.
85. RISSO, D. F.; BERRETTA, E. J.; LEVRATTO, J.; ZAMIT, W. 1998. Intensificación del engorde en la región basáltica: III) Efecto de la fertilización N x P y la carga animal, sobre la productividad de una pastura natural. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 175-182 (Serie Técnica no. 102).
86. RODRÍGUEZ PALMA, R. 1998. Fertilización nitrogenada de un pastizal de la Pampa deprimida; crecimiento y utilización del forraje bajo el pastoreo de vacunos. Tesis Magister Scientiae. Balcarce, Argentina.

Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias. 135 p.

87. _____.; SALDANHA, S.; ANDIÓN, J.; VERGNES, P. 2004. Fertilización nitrogenada de campo natural de basalto. 1. Producción de forraje. *In*: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campos (20^a., 2004, Salto, Uruguay). Sustentabilidad, desarrollo y conservación de los ecosistemas. Salto, Facultad de Agronomía. pp. 292-293.
88. _____.; RODRÍGUEZ, T.; ANDIÓN, J.; VERGNES, P. 2008a. Fertilización de campo natural; respuesta en producción animal. *In*: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur (22^a., 2008, Minas, Lavalleja, Uruguay). Bioma campos; innovando para mantener su sostenibilidad y competitividad. Montevideo, INIA. p. 198.
89. _____.; _____.; _____.; _____. 2008b. Fertilización de campo natural: respuesta en producción de forraje. *In*: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur (22^a., 2008, Minas, Lavalleja, Uruguay). Bioma campos, innovando para mantener su sostenibilidad y competitividad. Montevideo, INIA. pp. 197-198.
90. ROMERO, R. s.f. Características geográficas y socioeconómicas del Uruguay. (en línea). Montevideo, INIA. GRAS. s.p. Consultado 27 may. 2013. Disponible en http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/uruguay_gral.htm
91. ROSENGURTT, B. 1946. Estudios sobre praderas naturales del Uruguay. Montevideo, Rosgal. 473 p.
92. _____. 1978. Sucesión, concepto de la tendencia climática. s.l., Facultad de Agronomía. 12 p.

93. _____. 1979. Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Montevideo, Universidad de la República. Departamento de Publicaciones y Ediciones. 86 p.
94. SEVRINI, M.; ZANONIANI, M. 2011. Efectos de la fertilización nitrogenada y la intensidad de pastoreo sobre los componentes de la producción de forraje de *Bromus auleticus* Trinus en campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 99 p.
95. TOTHILL, J. C.; HARGREAVES, J. N. G.; JONES, R. N.; McDONALD, C. K. 1992. Botanal; measuring the botanical composition of grazed pastures. St. Lucia, Brisbane, Queensland, Australia, CSIRO. Division of Tropical Crops and Pastures. 24 p.
96. UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA (URUGUAY). FACULTAD DE AGRONOMÍA. 1998. Recopilación de tablas de requerimientos de animales domésticos. Montevideo. 37 p.
97. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA AGRICULTURA Y PESCA. 2012. Censo agropecuario. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 1 mar. 2013. Disponible en [- 98. WHITEHEAD, D.C. 1995. Grassland nitrogen. Wallingfor, UK, Centre for Agriculture and Biosciences International. 397 p.
- 99. WILMAN, D.; WRIGHT, P.I. 1983. Some effects of applied nitrogen on the growth and chemical composition of temperate grasses. *Herbage Abstracts*. 53 \(8\): 387-393.](http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,88,O,S,0,MNU;E;2;16;10;11;MNU;)

100. YOUNG, J. A.; BLANK, R. R.; CLEMENTS, C. D. 1999. Nitrogen enrichment and immobilization influence on the dynamics of an annual grass community. In: International Rangeland Congress (6th., 1999, Townsville, Queensland, Australia). People and rangelands building the future. Townsville, s.e. v.1, pp. 279-281.
101. ZAMALVIDE, J. 1998. Fertilización de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 97-107 (Serie Técnica no. 94).
102. ZANONIANI, R. 1997. Campo natural; síntomas de degradación productiva y medidas preventivas para su control. Cangüé. no. 10: 22-26.
103. _____. 2009. Efecto de la oferta de forraje y la fertilización nitrogenada sobre la productividad otoño invernal de un campo natural del litoral. Tesis Magister Ciencias Agrarias opción Ciencias Animales. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 77 p.
104. _____.; BOGGIANO, P.; CADENAZZI, M. 2011. Respuesta invernal de un campo natural a fertilización nitrogenada y ofertas de forraje. Agrociencia (Montevideo). 15 (1): 1-12.

9. ANEXOS

ANEXO 1

Resultado del análisis de suelo realizado por estratos en las distintas parcelas

Fecha	04/05/2012			
Rango	Parcela	P ppm	%C	NO3 ppm
0-2,5	P1	12,5	5,7	12,5
2,5-5	P1	12,0	5,0	7,4
5-15	P1	11,0	3,9	3,9
0-2,5	P2	16,0	5,7	9,0
2,5-5	P2	15,0	5,4	7,8
5-15	P2	11,0	4,1	7,1
0-2,5	P3	12,0	5,9	7,0
2,5-5	P3	8,8	4,5	5,9
5-15	P3	10,0	3,9	3,9
0-2,5	P4	16,0	5,8	18,1
2,5-5	P4	10,0	5,2	7,6
5-15	P4	10,0	4,4	8,0

ANEXO 2

Efecto del período en las variables de la pastura materia seca disponible (MSdis), materia seca desaparecida (MSdes) y materia seca desaparecida como porcentaje de la MSdis (MSdes%)

Per	MSdis	Msdes	Msdes %
1	2359 A	933 AB	39,2 B
2	1743 AB	1323 A	76,2 A
3	1036 C	550 B	52,7 B
4	1223 BC	530 B	42,5 B
5	1866 AB	1010 AB	53,5 AB
6	1355 BC	689 AB	50,2 B

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

ANEXO 3

Efecto de la interacción período de estudio por nitrógeno dentro de la estación primaveral para las variables animales, ganancia por hectárea (kg/ha/día) y ganancia por animal (kg/a/día)

N	Per	g/ha (kg/ha/día)	g/a (kg/a/día)
114	1	-0,04 ABCDE	-0,01 CDEF
60	1	-1,56 DE	-0,33 DEF
114	2	-0,88 BDEEF	-0,14 DEEF
60	2	0,35 ABCDE	0,08 BCDEF
114	3	-2,01 E	-0,51 FG
60	3	-1,34 CDEF	-0,35 EG
114	4	0,87 ABCD	0,24 ABCDE
60	4	0,47 ABCDE	0,14 BCDF
114	5	2,56 AC	0,71 AB
60	5	2,36 AB	0,82 A
114	6	2,25 ABCD	0,63 ABC
60	6	2,79 AB	0,9 A

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

ANEXO 4

Cuadros de análisis de varianza (ANOVA) para todo el período de estudio

Variables de la pastura

FV	gl	MSP	MSdis	MSdes	MSdes %	Prod tot	TC
Modelo	2	3235,8	4533,92	14808,12	38,32	176726,56	4,95
Bloque	1	3047,55	2496,69	0,16	2,35	21389,06	0,60
Nitrogeno	1	3424,10	6571,14	29616,08	74,30	332064,06	9,30
Error	1	15382,16	1486,17	14207,52	74,66	52326,56	1,46
Total	3	21853,81	10554,00	43823,76	151,31	405779,69	11,36

Variables animales

FV	gl	Carga	UG	OF	g/ha	g/a
Modelo	2	5332,46	0,04	0,20	4,5E-03	1,8E-03
Bloque	1	8830,84	0,06	0,40	1,4E-04	3,3E-04
Nitrogeno	1	1834,08	0,01	3,5E-03	0,01	3,4E-03
Error	1	279,81	1,9E-03	0,14	0,01	3,1E-03
Total	3	10944,73	0,08	0,55	0,01	0,01

Cuadros de ANOVA para las estaciones

Variables de la pastura

MSP

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	2	0.36	0.6074
Per	1	2	108.32	0.0091
Per*N	1	2	0.09	0.7903

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

			Standard	Letter	
Obs	Per	N	Estimate	Error	Group
3	1	—	1069.50	51.3414	A
4	2	—	692.00	51.3414	B

MSdis

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	1	4.45	0.2818
Per	1	2	71.76	0.0137
Per*N	1	2	8.39	0.1014

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

			Standard	Letter	
Obs	Per	N	Estimate	Error	Group
3	1		1752.25	30.4102	A
4	2		1462.00	30.4102	B

MSdes

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	2	4.18	0.1776
Per	1	2	95.32	0.0103
Per*N	1	2	7.05	0.1174

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

			Standard	Letter	
Obs	Per	N	Estimate	Error	Group
3	1		1009.25	44.5336	A
4	2		724.25	44.5336	B

MSdes%

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	2	1.72	0.3202
Per	1	2	28.90	0.0329
Per*N	1	2	2.50	0.2546

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

			Standard	Letter	
Obs	Per	N	Estimate	Error	Group
3	1	57.7500	3.1524	A	
4	2	49.2500	3.1524	B	

Prod tot

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	2	9.00	0.0955
Per	1	2	686.47	0.0015
Per*N	1	2	17.79	0.0519

Effect=N Method=Tukey(P<0.1) Set=1

			Standard	Letter	
Obs	Per	N	Estimate	Error	Group
1	114	1915.25	67.8957	A	
2	60	1627.25	67.8957	B	

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

			Standard	Letter	
Obs	Per	N	Estimate	Error	Group
3	2	2616.00	57.8311	A	
4	1	926.50	57.8311	B	

Effect=Per*N Method=Tukey-Kramer(P<0.1)

			Standard	Letter	
Obs	Per	N	Estimate	Error	Group
5	2	114	2896.00	81.7856	A
6	2	60	2336.00	81.7856	B
7	1	114	934.50	81.7856	C
8	1	60	918.50	81.7856	C

TC

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	2	9.29	0.0929
Per	1	2	691.36	0.0014
Per*N	1	2	17.85	0.0517

Effect=N Method=Tukey(P<0.1) Set=1

			Standard	Letter	
Obs	Per	N	Estimate	Error	Group
1		114	20.3250	0.7075	A
2		60	17.2750	0.7075	B

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

			Standard	Letter	
Obs	Per	N	Estimate	Error	Group
3	2		27.8250	0.6067	A
4	1		9.7750	0.6067	B

Effect=Per*N Method=Tukey-Kramer(P<0.1)

				Standard	Letter
Obs	Per	N	Estimate	Error	Group
5	2	114	30.8000	0.8581	A
6	2	60	24.8500	0.8581	B
7	1	114	9.8500	0.8581	C
8	1	60	9.7000	0.8581	C

Carga

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	1	6.40	0.2397
Per	1	2	5.40	0.1457
Per*N	1	2	0.14	0.7459

UG/há

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	1	5.61	0.2543
Per	1	2	5.50	0.1437
Per*N	1	2	0.14	0.7416

OF

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	1	0.02	0.9097
PER	1	2	35.63	0.0269
PER*N	1	2	3.08	0.2212

Effect=PER Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

			Standard	Letter	
Obs	PER	N	Estimate	Error	Group
3	2		8.5000	0.3889	A
4	1		5.9500	0.3889	B

Gan/há

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	2	0.14	0.7481
Per	1	2	16.59	0.0553
Per*N	1	2	0.06	0.8247

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=2

			Standard	Letter	
Obs	Per	N	Estimate	Error	Group
3	2		1.6832	0.3073	A
4	1		-0.8035	0.3073	B

Gan/a

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	2	1.13	0.3997
Per	1	2	32.51	0.0294
Per*N	1	2	0.01	0.9208

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

			Standard	Letter	
Obs	Per	N	Estimate	Error	Group
3	2		0.5150	0.06434	A
4	1		-0.1828	0.06434	B

Calidad

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	2	2.00	0.2930
Per	1	2	128.89	0.0077
Per*N	1	2	0.34	0.6176

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

			Standard	Letter	
Obs	Per	N	Estimate	Error	Group
3	2		15.5750	0.3441	A
4	1		13.1500	0.3441	B

Cuadros de ANOVA para el período de invierno

MSP

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	0.19	0.6804
Per	2	5	103.16	<.0001
Per*N	2	5	1.17	0.3838

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

				Standard	Letter	
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
3	1	1		2161.25	86.1885	A
4	1	2		1425.25	86.1885	B
5	1	3		419.75	86.1885	C

MSdis

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	0.06	0.8169
Per	2	5	32.39	0.0014
Per*N	2	5	0.42	0.6769

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

				Standard	Letter	
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
3	1	1		2359.00	116.59	A
4	1	2		1743.00	116.59	B
5	1	3		1036.00	116.59	C

MSdes

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	0.13	0.7348
Per	2	5	17.04	0.0059
Per*N	2	5	1.27	0.3578

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

				Standard	Letter	
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
3	1	2		1323.75	113.41	A
4	1	1		933.50	113.41	AB
5	1	3		550.75	113.41	B

MSdes%

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	0.24	0.6460
Per	2	5	34.40	0.0012
Per*N	2	5	2.39	0.1870

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

				Standard	Letter	
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
3	1	2		76.2500	4.3604	A
4	1	3		52.7500	4.3604	B
5	1	1		39.2500	4.3604	B

Prod tot

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	0.04	0.8513
Per	2	5	17.25	0.0057
Per*N	2	5	0.12	0.8927

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

				Standard	Letter	
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
3	1	3		616.25	74.6697	A
4	1	2		318.25	74.6697	AB
5	1	1		197.75	74.6697	B

TC

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	0.02	0.8906
Per	2	5	13.42	0.0098
Per*N	2	5	0.14	0.8741

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

				Standard	Letter	
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
3	1	3		17.1250	2.0908	A
4	1	2		7.5500	2.0908	AB
5	1	1		6.8000	2.0908	B

Carga

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	3.25	0.1312
Per	2	5	3.92	0.0947
Per*N	2	5	1.65	0.2820

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.1)

				Standard	Letter	
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
3	1	1		871.50	47.1444	AB
4	1	2		853.50	47.1444	A
5	1	3		751.25	47.1444	B

UG/há

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	3.21	0.1331
Per	2	5	3.94	0.0938
Per*N	2	5	1.71	0.2719

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.1)

				Standard	Letter	
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
3	1	1		2.2925	0.1246	AB
4	1	2		2.2475	0.1246	A
5	1	3		1.9775	0.1246	B

OF

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	0.36	0.5752
Per	2	5	31.94	0.0014
Per*N	2	5	0.15	0.8650

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

				Standard	Letter	
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
3	1	1		9.3250	0.6638	A
4	1	2		4.7500	0.6638	B
5	1	3		3.5750	0.6638	B

Gan/há

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	0.17	0.6994
Per	2	5	4.69	0.0713
Per*N	2	5	5.16	0.0608

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.1)

					Standard	Letter
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
3	1	2		-0.2643	0.4464	A
4	1	1		-0.8055	0.4464	AB
5	1	3		-1.6770	0.4464	B

Effect=Per*N Method=Tukey-Kramer(P<0.1)

					Standard	Letter
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
6	1	2	60	0.3505	0.5424	A
7	1	1	114	-0.04550	0.5424	AB
8	1	2	114	-0.8790	0.5424	AB
9	1	3	60	-1.3420	0.5424	AB
10	1	1	60	-1.5655	0.5424	AB
11	1	3	114	-2.0120	0.5424	B

Gan/a

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	0.16	0.7080
Per	2	5	12.21	0.0119
Per*N	2	5	7.44	0.0318

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

					Standard	Letter
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
3	1	2		-0.03300	0.08587	A
4	1	1		-0.1748	0.08587	A
5	1	3		-0.4360	0.08587	B

Effect=Per*N Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

					Standard	Letter
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
6	1	2	60	0.08350	0.1016	A
7	1	1	114	-0.01100	0.1016	A
8	1	2	114	-0.1495	0.1016	AB
9	1	1	60	-0.3385	0.1016	AB
10	1	3	60	-0.3585	0.1016	AB

11	1	3	114	-0.5135	0.1016	B
----	---	---	-----	---------	--------	---

Gtot

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	0.80	0.4129
Per	2	5	6.74	0.0381
Per*N	2	5	6.29	0.0431

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

				Standard	Letter	
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
3	1	2		-10.5000	14.4438	A
4	1	1		-25.0000	14.4438	AB
5	1	3		-60.5000	14.4438	B

Effect=Per*N Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

					Standard	Letter
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
6	1	2	60	13.5000	17.2347	A
7	1	1	114	-1.5000	17.2347	AB
8	1	2	114	-34.5000	17.2347	AB
9	1	1	60	-48.5000	17.2347	AB
10	1	3	60	-48.5000	17.2347	AB
11	1	3	114	-72.5000	17.2347	B

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	0.15	0.7131
Per	2	5	8.05	0.0274
Per*N	2	5	0.04	0.9585

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

				Standard	Letter	
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
3	2	6		856.50	84.1039	A
4	2	5		693.25	84.1039	AB
5	2	4		485.00	84.1039	B

Cuadros ANOVA para El período de primavera

MSP

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	0.15	0.7131
Per	2	5	8.05	0.0274
Per*N	2	5	0.04	0.9585

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

				Standard	Letter	
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
3	2	6		856.50	84.1039	A
4	2	5		693.25	84.1039	AB
5	2	4		485.00	84.1039	B

MSdis

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	2.64	0.1654
Per	2	5	11.86	0.0126
Per*N	2	5	1.41	0.3261

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

				Standard	Letter	
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
3	2	5		1866.25	98.8299	A
4	2	6		1354.75	98.8299	B
5	2	4		1223.50	98.8299	B

MSdes

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	7.19	0.0438
Per	2	5	3.66	0.1051
Per*N	2	5	0.45	0.6623

Effect=N Method=Tukey(P<0.05) Set=1

				Standard	Letter	
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
1	2		114	860.33	61.6706	A
2	2		60	626.50	61.6706	B

MSdes%

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	6.26	0.0543
Per	2	5	1.56	0.2969
Per*N	2	5	0.08	0.9236

Effect=N Method=Tukey(P<0.1) Set=1

				Standard	Letter	
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
1	2		114	54.3333	3.1549	A
2	2		60	43.1667	3.1549	B

Prod tot

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	5.62	0.0639
Per	2	5	21.98	0.0033
Per*N	2	5	1.81	0.2566

Effect=N Method=Tukey(P<0.1) Set=1

				Standard	Letter	
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
1	2		114	894.17	54.0889	A
2	2		60	712.83	54.0889	B

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

				Standard	Letter	
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
3	2	5		1173.00	69.8087	A
4	2	4		738.75	69.8087	B
5	2	6		498.75	69.8087	B

TC

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	4.65	0.0836
Per	2	5	11.34	0.0139
Per*N	2	5	1.59	0.2925

Effect=N Method=Tukey(P<0.1) Set=1

				Standard	Letter	
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
1	2		114	31.8333	2.0279	A
2	2		60	25.6500	2.0279	B

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

				Standard	Letter	
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
3	2	5		39.0750	2.6415	A
4	2	4		26.3750	2.6415	B
5	2	6		20.7750	2.6415	B

Carga

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	3.44	0.1228
Per	2	5	0.41	0.6864
Per*N	2	5	1.49	0.3117

UG/há

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	3.43	0.1234
Per	2	5	0.41	0.6822
Per*N	2	5	1.53	0.3033

OF

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	0.24	0.6438
Per	2	5	3.41	0.1165
Per*N	2	5	0.95	0.4482

Gan/há

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	0.00	0.9678
Per	2	5	17.02	0.0059
Per*N	2	5	0.88	0.4722

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

				Standard	Letter	
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
3	2	6		2.5225	0.4700	A
4	2	5		2.4605	0.4700	A
5	2	4		0.6717	0.4700	B

Gan/a

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	0.49	0.5151
Per	2	5	42.42	0.0007
Per*N	2	5	2.57	0.1708

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.1)

				Standard	Letter	
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
3	2	5		0.7718	0.08206	A
4	2	6		0.7680	0.08206	A
5	2	4		0.1932	0.08206	B

Gtot

Type 3 Tests of Fixed Effects

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	5	0.04	0.8418
Per	2	5	14.67	0.0081
Per*N	2	5	0.51	0.6311

Effect=Per Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

				Standard	Letter	
Obs	Est	Per	N	Estimate	Error	Group
3	2	5		78.7500	13.3663	A
4	2	6		53.0000	13.3663	AB
5	2	4		20.2500	13.3663	B

Cuadros ANOVA fracción botânica por período

MM período 3

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	62.14500000	31.07250000	1381.00	0.0190
Error	1	0.02250000	0.02250000		
Corrected Total	3	62.16750000			

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
B	1	8.12250000	8.12250000	361.00	0.0335
N	1	54.02250000	54.02250000	2401.00	0.0130

t Grouping	Mean	N	N
A	26.7500	2	60
B	19.4000	2	114

HM período 4

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	6.10000000	3.05000000	76.25	0.0807
Error	1	0.04000000	0.04000000		
Corrected Total	3	6.14000000			

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
B	1	4.41000000	4.41000000	110.25	0.0604
N	1	1.69000000	1.69000000	42.25	0.0972

t Grouping	Mean	N	N
A	3.5500	2	114
B	2.2500	2	60

MCS período 4

Sum of						
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	2	0.90000000	0.45000000	45.00	0.1048	
Error	1	0.01000000	0.01000000			
Corrected Total	3	0.91000000				

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
B	1	0.09000000	0.09000000	9.00	0.2048
N	1	0.81000000	0.81000000	81.00	0.0704

t Grouping	Mean	N	N
A	1.1000	2	60
B	0.2000	2	114

Cuadros ANOVA fracción botánica em lós 6 períodos de estudio

GI

Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	1	165.98	0.0493
P	6	1	567.58	0.0321
P*N	6	1	15.99	0.1891

Effect=N Method=Tukey(P<0.05)

				Standard	Letter
Obs	P	N	Estimate	Error	Group
1		114	48.2357	0.2438	A
2		60	43.7929	0.2438	B

Effect=P Method=Tukey(P<0.05)

				Standard	Letter
Obs	P	N	Estimate	Error	Group
3	3		59.4250	0.4562	A
4	4		58.6000	0.4562	AB
5	2		51.1250	0.4562	AB
6	5		43.2000	0.4562	ABC
7	6		40.7000	0.4562	ABC
8	1		39.2250	0.4562	BC
9	7		29.8250	0.4562	C

GE

	Num	Den		
Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
N	1	1	137.99	0.0541
P	6	1	477.82	0.0350
P*N	6	1	3.25	0.4011

Effect=N Method=Tukey-Kramer(P<0.1)

				Standard	Letter
Obs	P	N	Estimate	Error	Group
1		60	41.9000	0.5023	A
2		114	35.5214	0.5023	B

Effect=P Method=Tukey-Kramer(P<0.05)

				Standard	Letter
Obs	P	N	Estimate	Error	Group
3	7		64.4500	0.7879	A
4	6		47.3500	0.7879	AB
5	5		42.1000	0.7879	ABC
6	4		37.6000	0.7879	ABC
7	1		36.9000	0.7879	ABC
8	2		29.0000	0.7879	BC
9	3		13.5750	0.7879	C