

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y LA OFERTA DE
FORRAJE SOBRE LOS COMPONENTES DE PRODUCCIÓN DE
FORRAJE DEL CAMPO NATURAL**

por

**María Clementina ÁLVAREZ FLORES
Gonzalo ÁLZAGA SERVINI
Alfonso NOPITSCH SEVERI**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2013**

Tesis aprobada por.

Director.
Ing. Agr. Pablo Boggiano

.....
Ing. Agr. Ramiro Zanoniani

.....
Ing. Agr. Mónica Cadenazzi

.....
Ing. Agr. Elbio Berretta

Fecha. 25 de octubre de 2013

Autor.
Clementina Álvarez

.....
Gonzalo Álzaga

.....
Alfonso Nopitsch

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. Pablo Boggiano, orientador de este trabajo, por su continuo apoyo para la realización del mismo.

A la Facultad de Agronomía por acompañarlos con el conocimiento a lo largo del camino.

A nuestros familiares por su apoyo incondicional durante los años de estudio que concluyen con este trabajo.

A nuestros amigos por compartir grandes momentos durante los últimos años.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA	3
2.1.1. <u>En la producción anual de forraje</u>	4
2.1.2. <u>Variabilidad de la producción</u>	8
2.1.3. <u>En la producción estacional de forraje</u>	10
2.1.4. <u>En la carga animal</u>	16
2.1.5. <u>En la utilización de forraje</u>	18
2.1.6. <u>Otras respuestas</u>	19
2.2. EFECTO DE LA OFERTA DE FORRAJE	20
2.2.1. <u>En la producción anual de forraje</u>	21
2.2.2. <u>En la producción estacional</u>	28
2.2.3. <u>En la producción animal</u>	29
2.2.4. <u>En la utilización del forraje</u>	32
2.3. INTERACCIÓN NITRÓGENO-OFFERTA DE FORRAJE	35
3. MATERIALES Y MÉTODOS	41
3.1. LOCALIZACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL.....	41
3.2. SUELOS DEL SITIO EXPERIMENTAL	41
3.3. DESCRIPCIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL	41
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	42
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	48
3.6. MANEJO DEL EXPERIMENTO	49
3.7. MEDICIONES REALIZADAS	49
3.7.1. <u>Definición de las estaciones</u>	49
3.7.2. <u>Forraje remanente, producido, disponible y desaparecido</u>	50
3.7.3. <u>Estacionalidad de la producción</u>	51
3.7.4. <u>Carga en kg PV/ha y UG</u>	51
3.7.5. <u>Forraje desaparecido en % de peso vivo</u>	51
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
4.1. ANUAL	52
4.1.1. <u>Forraje producido (kg/ha)</u>	52
4.1.2. <u>Forraje disponible (kg/ha)</u>	54
4.1.3. <u>Forraje remanente (kg/ha)</u>	56
4.1.4. <u>Forraje desaparecido en kg/ha</u>	58
4.1.5. <u>Forraje desaparecido en (%) del FD</u>	59
4.1.6. <u>Carga animal (kg/ha de PV)</u>	61
4.1.7. <u>Carga animal (UG/ha)</u>	63
4.1.8. <u>Kg de forraje desaparecido / 100 kg de PV</u>	64

4.2. ESTACIONAL.....	66
4.2.1. <u>Verano</u>	66
4.2.1.1. Forraje producido (kg/ha).....	66
4.2.1.2. Forraje disponible (kg/ha).....	69
4.2.1.3. Forraje remanente (kg/ha).....	70
4.2.1.4. Forraje desaparecido (kg/ha).....	72
4.2.1.5. Forraje desaparecido (%) del FD.....	73
4.2.1.6. Carga animal (kg/ha de PV).....	75
4.2.1.7. Carga animal en (UG/ha).....	77
4.2.1.8. Kg de forraje desaparecido / 100 kg de PV.....	77
4.2.2. <u>Otoño</u>	79
4.2.2.1. Forraje producido (kg/ha).....	79
4.2.2.2. Forraje disponible (kg/ha).....	80
4.2.2.3. Forraje remanente (kg/ha).....	81
4.2.2.4. Forraje desaparecido (kg/ha).....	82
4.2.2.5. Carga animal (kg/ha de PV).....	82
4.2.2.6. Carga animal (UG/ha).....	84
4.2.2.7. Kg de forraje desaparecido / 100 kg de PV.....	84
4.2.3. <u>Invierno</u>	85
4.2.3.1. Forraje producido (kg/ha).....	85
4.2.3.2. Forraje disponible (kg/ha).....	88
4.2.3.3. Forraje remanente (kg/ha).....	89
4.2.3.4. Forraje desaparecido (kg/ha).....	91
4.2.3.5. Forraje desaparecido (%) del FD.....	93
4.2.3.6. Carga animal (kg/ha de PV).....	94
4.2.3.7. Carga animal (UG/ha).....	96
4.2.3.8. Kg de forraje desaparecido / 100 de PV.....	96
4.2.4. <u>Primavera</u>	98
4.2.4.1. Forraje producido (kg/ha).....	98
4.2.4.2. Forraje disponible (kg/ha).....	100
4.2.4.3. Forraje remanente (kg/ha).....	102
4.2.4.4. Forraje desaparecido (kg/ha).....	103
4.2.4.5. Forraje desaparecido (%) del FD.....	104
4.2.4.6. Carga animal (kg/ha de PV).....	106
4.2.4.7. Carga animal (UG/ha).....	108
4.2.4.8. Kg de forraje desaparecido / 100 kg de PV.....	108
4.3. ESTACIONALIDAD DE LA PRODUCCIÓN.....	109
4.4. CONSIDERACIONES FINALES.....	111
5. <u>CONCLUSIONES</u>	116
6. <u>RESUMEN</u>	118
7. <u>SUMMARY</u>	120
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	122
9. <u>APÉNDICES</u>	138

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Bloques (B), oferta de forraje (OF kg MS/100 kg PV), niveles de nitrógeno (N) en kg/ha de N, tratamiento factorial (F), axial (A), central (C), coeficientes de los niveles de factores y área de los potreros en m ²	46
 Figura No.	
1. Configuración geométrica del delineamiento central compuesto utilizado en el experimento.....	45
2. Croquis del experimento.	47
3. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FP en kg/ha para el promedio de los años.....	53
4. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FD en kg/ha para el promedio de los años.....	55
5 . Efecto de la oferta de forraje (OF%PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FR en kg/ha para el promedio de los años.....	57
6. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FDes en kg/ha para el promedio de los años.	58
7. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FDes en % para el promedio de los años.....	60

8. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre la carga animal en kg/ha de peso vivo para el promedio de los años. 62
9. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FDes en kg de MS / 100 kg de PV para el promedio de los años. 64
10. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FP en kg/ha para el verano 2005. 68
11. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FD en kg/ha para el promedio de los veranos. 70
12. Efecto de la oferta de forraje (OF%PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FR en kg/ha para el promedio de los veranos. 71
13. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FDes en kg/ha para el promedio de los veranos. 72
14. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FDes en % para el promedio de los veranos. 74
15. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre la carga animal en kg/ha de peso vivo para el promedio de los veranos. 76
16. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre los kg de FDes / 100 kg de PV para el promedio de los veranos. 78

17. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FD en kg/ha para el otoño 2003	81
18. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre la carga animal en kg/ha de peso vivo para el promedio de los otoños.	83
19. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre los kg de FDes / 100 kg de PV para el promedio de los otoños.	85
20. Efecto de la oferta de forraje (OF%PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FP en kg/ha para el promedio de los inviernos.	86
21. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FD en kg/ha para el promedio de los inviernos.	89
22. Efecto de la oferta de forraje (OF%PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FR en kg/ha para el promedio de los inviernos.	90
23. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FDes en kg/ha para el promedio de los inviernos.	92
24. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FDes en % para el promedio de los inviernos.	93
25. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre la carga animal en kg/ha de peso vivo para el promedio de los inviernos.	95

26. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre los kg de FDes / 100 kg de PV para el promedio de los inviernos.	97
27. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FP en kg/ha para el promedio de las primaveras.	99
28. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FD en kg/ha para el promedio de las primaveras.	101
29. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FR en kg/ha para el promedio de las primaveras.	102
30. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FDes en kg/ha para el promedio de las primaveras.	103
31. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FDes en % para el promedio de las primaveras.	105
32. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre la carga animal en kg/ha de peso vivo para el promedio de las primaveras.	107
33. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre los kg de FDes / 100 kg de PV para el promedio de las primaveras.	109

34. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre estacionalidad de la producción en % para el verano 110

1. INTRODUCCIÓN

La historia agropecuaria del Uruguay se ha caracterizado por la producción de carne con su base de alimentación en el campo natural. Según Censo General Agropecuario (MGAP. DIEA, 2000), el campo natural ocupaba 12,3 millones de hectáreas de la superficie total del país (75,2%) y la agricultura 1,2 millones de hectáreas (7%).

Sin embargo en la última década, influenciado por el elevado precio de los granos entre otros factores, se ha generado una "agriculturización" del país. En donde no solo los suelos aptos para la agricultura, sino también otros donde antes la agricultura no tenía lugar, han dejado de ser sistemas pastoriles para convertirse en chacras agrícolas. A pesar de esto, en cuanto a superficie, de las 16,4 millones de hectáreas explotadas (MGAP. DIEA), según datos preliminares del Censo 2011 el campo natural dedicado a la ganadería ocupa 10,6 millones de hectáreas mientras la agricultura representa 2 millones, tomando en cuenta la producción de cereales y oleaginosas y arroceras mientras que la producción forestal alcanza 1,3 millones de hectáreas.

Por lo tanto, dada la relevancia del campo natural en el país resulta de gran importancia su entendimiento y determinar el mejor manejo posible para sacar provecho de forma sustentable. Herramientas como el manejo de la intensidad de pastoreo, la introducción de especies de leguminosas y la fertilización nitrogenada, entre otras, son parte del manejo para mejorar las producciones de forraje actuales y permitir que la pastura natural prevalezca en el tiempo, tanto en su producción como en su calidad.

Los objetivos del presente trabajo son, analizar la información recabada entre los años 2001 a 2005 sobre la respuesta en producción y utilización del campo natural sometido a fertilización nitrogenada otoño-invernal e intensidades de pastoreo, bajo método de pastoreo rotativo.

Como objetivos específicos se plantea evaluar el efecto de los niveles de nitrógenos e intensidad de pastoreo aplicada como ofertas de forraje, sobre la producción y utilización anual y estacional del forraje.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA

La producción de especies nativas es reflejo del equilibrio establecido entre el tipo de suelo, su fertilidad natural, las especies presentes y las condiciones ambientales particulares para cada lugar. Dentro de este concepto, el uso de fertilizantes puede ser una alternativa para promover y mejorar la producción de las pasturas nativas (Boggiano, 2000a).

El proceso por el cual el nitrógeno (N) aumenta la producción de forraje luego de un corte puede estar dividido en dos fases. La primera fase, luego del corte, cuando el área foliar remanente no intercepta toda la luz incidente, el crecimiento se da por aumento en la capacidad fotosintética de las hojas e indirectamente aumentando el índice de área foliar (IAF). Cuando el IAF llega a 4 o 5 el crecimiento posterior es sólo a partir del área foliar disponible y la capacidad fotosintética se reduce (Woledge y Pearse, 1985). Además incrementan la tasa de elongación, área foliar y densidad de macollos (Laidlaw y Steen, 1989). En condiciones severas de déficit de N, Colabeelli et al. (1998) afirman que el número de hojas puede decaer por un incremento en la tasa de senescencia foliar, debido a que el N se transloca a partes de mayor prioridad.

Ayala y Carámbula (1994), Heady y Child (1994), Bemhaja et al. (1998) afirman que la aplicación de N tiende a mejorar la producción y calidad de las pasturas naturales, especialmente las gramíneas. Sin embargo, la respuesta a la fertilización dependerá de la dosis y del momento de aplicación del fertilizante, y estará determinada por la tasa potencial de crecimiento de la pastura, condicionada por su estado y su composición botánica (Ayala y Carámbula, 1994).

Según Barreto et al. (1986) el uso de fertilizantes se torna esencial para complementar los efectos benéficos de un manejo correcto de los

campos naturales cuando las condiciones de fertilidad son bajas; teniendo en cuenta que la capacidad de respuesta depende fundamentalmente de vegetación de la pastura.

2.1.1. En la producción anual de forraje

Es importante dar a conocer las respuestas a la fertilización nitrogenada ya que generalmente este nutrimento es el más limitante en la producción vegetal, además de ser un importante costo variable en la producción (Russelle, 1997). Ayala y Carámbula (1994) afirman que al ser las gramíneas el componente principal de las pasturas naturales de la región, el N es el nutrimento de mayor importancia. Con respecto a este tema, hay muchos trabajos realizados que, en su mayoría, confirman al N como nutrimento fundamental para aumentar la producción de forraje.

Correa et al. (2004) estudiando la respuesta a la fertilización en una pastura natural en la región de Rio Grande do Sul, encontraron que la producción total de materia seca (MS) tuvo respuesta al agregado de distintos niveles de N. Esta producción fue máxima con 5421 kg/ha de MS al agregar 200 kg/ha de N, superando al tratamiento sin fertilizar de forma significativa, representando el 194% de este último.

Johnston et al. (1969) llegaron a resultados similares a los anteriores ya que el aumento de rendimiento relativo del campo natural al fertilizarlo con N fue de 153% frente al campo natural no fertilizado.

Estudios realizados sobre pasturas nativas en las Grandes Planicies al sur de Canadá, mostraron que el N incrementó los rendimientos entre un 32-36%. (Clark y Tisdale, citados por Bottaro y Zavala, 1973). Por su parte Wight y Black (1972) encontraron incrementos en la producción de forraje de 40 a 80% después de 6 años de aplicado 112 y 1008 kg/ha de N, respectivamente.

En un período de estudio de 3 años, con el propósito de estudiar el efecto de la fertilización en la composición florística y la producción de forraje en campo natural, KouKoura et al. (2005) encontraron que la fertilización casi duplicó la producción de forraje, comparado con el tratamiento sin fertilizar en el primer año luego de la fertilización. En el total de los años llegaron a la conclusión que la fertilización aumenta la producción en un 20%.

Mason y Miltimore (1959), trabajando sobre una pastura dominada por *Agropyron smithii* y *Poa pratensis*, con diferentes dosis de fertilización, encontraron que las aplicaciones de N incrementaban rápidamente la producción de forraje. En el primer año el testigo produjo 640 kg/ha de MS y el de 60 kg/ha de N produjo 1060 kg/ha de MS, representando un 65% de incremento. Mientras que en el segundo año, el testigo produjo 678 kg/ha de MS mientras que el otro tratamiento alcanzó 1725 kg/ha de MS; un 154% de incremento. Llegando así a un incremento promedio del 120%.

Mason y Miltimore (1969) registraron el promedio de producción de 7 experimentos en el primer año. Al agregar 0, 60 y 90 kg/ha de N la producción fue 443, 857 y 902 kg/ha de MS, respectivamente. De esto se desprende que con 60 unidades de N se produjo un 93% más mientras que con 90 unidades de N se produjo solo un 103% de incremento. En un segundo año el promedio de producción fue de 415, 554 y 681 kg/ha de MS respectivamente, representando un 33 y 64% de incremento.

Rodríguez Palma et al. (2004a) estudiando la respuesta de forraje sobre suelos de Basalto reportan incrementos en la producción anual debido a la fertilización de 16% el primer año y de 6% en el segundo. Berretta et al. (1998) reportan aumentos de producción debido a la fertilización de 27 y 54% para el primer y segundo respectivamente. Siguiendo la misma línea experimental Rodríguez Palma et al. (2008a) registraron que en un promedio de 6 años los tratamientos fertilizados con 100 kg/ha de N aumentaron su

producción anual en un 30% comparándolos con los tratamientos no fertilizados.

Otras investigaciones concluyeron que la producción de forraje se incrementó al fertilizarse pasturas naturales por arriba de 100 kg/ha de N (Lorenz y Rogler 1972, Houston y Hyder 1975). Mientras que Lodge (1959) determinó aumentos significativos del rendimiento como resultado de la aplicación de 32 kg/ha de N, coincidiendo con los resultados obtenidos por Burzlaff et al. (1968).

En pasturas naturales bajo corte y con aplicaciones moderadas de nitrógeno (150 kg/ha), es posible obtener niveles similares o superiores en producción de forraje que con pasturas sembradas (Tallowin et al., citados por Peirano y Rodriguez, 2004).

Hanisch et al. (2008) al estudiar las gramíneas dominantes de una pastura muestran un aumento lineal de la producción de MS con el aumento de las dosis de N aplicadas, siendo más evidente en el tercer año después de la aplicación de la misma.

Estudiando los efectos del N en distintos puntos topográficos Dasci y Comakli (2011) concluyeron que en todas las zonas topográficas estudiadas la fertilización tuvo efectos significativos en la producción de MS. La producción más alta fue de 1426 kg/ha de MS con N100-P50 y la más baja fue la del tratamiento que no tuvo fertilización (944 kg/ha de MS). Por esto concluyeron que hay una correlación positiva entre la fertilización nitrogenada y la producción de MS. Estas conclusiones las apoya citando a Rauzi y Fairbourn, Jacobsen et al., Guevara et al., Andic et al., que en sus investigaciones establecieron que la producción de forraje se puede ver incrementada con la aplicación de N al suelo.

Por su parte Lorenz y Rogler (1973a) encontraron también respuesta a la fertilización en la producción de forraje. Estudiando el efecto de la

fertilización nitrogenada y potásica, con aplicaciones anuales durante 8 años, encontraron que 45 kg/ha de N producen significativamente más forraje que los tratamientos no fertilizados con N o solo fertilizados con fósforo (20 kg/ha de P). Además, cuando se aplicaron 90 kg/ha de N la producción siempre fue mayor que los tratamientos con 45 kg/ha de N.

Otros estudios realizados por Celebi et al. (2011) evaluando los resultados de aplicar 0, 40, 80 y 160 kg/ha de N y 0, 60 y 120 kg/ha de P₂O₅ indican que los rendimientos con aplicaciones de N fueron significativamente mayores sobre el tratamiento control (sin fertilizar). En el primer año el máximo rendimiento fue de 2633 kg/ha de MS, con 80 kg/ha de N. En el segundo el máximo rendimiento se dio con 160 kg/ha de N y fue 6020 kg/ha de MS. En este trabajo citando a otros autores: Gokkus y Koc, Gokkus, Altin et al., Comakli et al., se llegó a la conclusión de que la fertilización nitrogenada sobre pasturas y pastizales incrementan los rendimientos rápidamente.

Cosper et al. (1967) vieron que la producción de forraje en el sitio donde predominaban *Agropyron smithii*, *Bouteloua gracilis*, *Buchloe dactyloides* y *Poa secunda* fue afectado significativamente por el rango de aplicación de N y P, como también por el momento de aplicación.

Hanisch et al. (2008) muestran en los resultados un aumento lineal de la producción de MS de acuerdo con el aumento de las dosis de N, que fue más evidente en el tercer año después de la aplicación de la misma.

En un compilado de 382 trabajos Martha Junior et al. (2004) reportaron que las gramíneas tropicales presentaban una eficiencia de uso del nitrógeno (EUN) media de 26 kg de MS/kg N aplicado llegando a valores máximos de 83 kg de MS/kg de N al aplicar dosis cercanas a 150 kg/ha/año de N. Por su parte, Silva et al. (1994) reportan valores de EUN de 67 kg de MS/kg de N con dosis de 200 kg/ha de N con aplicaciones a inicio de la primavera. Ayala y Carámbula (1994) indican una EUN anual promedio con

una regresión lineal altamente significativa. Sin embargo también es significativo el componente cuadrático, prediciendo rendimientos decrecientes al aumentar el agregado de N. Bottaro y Zavala (1973) estudiando una pradera negra (Brunosol) sobre Fray Bentos coinciden con esto al concluir que la EUN disminuye a medida que la dosis aumenta, y los valores de incrementos negativos obtenidos indican que la función predice incrementos decrecientes presentando un máximo entre 10 y 90 kg de N de 0,46 kg/ha de MS por unidad de N.

Martha Junior et al. (2004) señalan que gramíneas tropicales tiene una respuesta lineal al agregado de N cuando las dosis aplicadas varían entre 80 y 180 kg/ ha de N/ciclo de crecimiento. La EUN por arriba de 50-60 kg/ha de N comienza a decrecer.

2.1.2. Variabilidad de la producción

A pesar de todas estas afirmaciones, que el N tiene un marcado efecto en aumentar la producción de forraje, se debe tener en cuenta que la respuesta a la fertilización nitrogenada es muy variable, marcando el éxito o no de esta práctica dependiendo del año. Ayala y Carámbula (1994) afirman que estas variaciones en la producción se dan por fluctuaciones en la disponibilidad del nutrimento y por su eficiencia de uso; estas pueden minimizarse si se fraccionan suficientemente las aplicaciones del fertilizante nitrogenado.

En la misma línea Castells (1974) reportó producciones que variaron desde 2080 kg/ha/año de MS hasta 5340 kg/ha/año de MS al aplicar 320 unidades de N y 20 de fósforo. Sin embargo en parte no coincide con lo expresado con los autores anteriores ya que estas variaciones se dieron aunque esta cantidad fue aplicada en 3 veces en todo el año.

Estudios ya mencionados anteriormente afirman que a pesar que el N tuvo efectos significativos en la producción de forraje, también lo tuvo el

factor año. De los dos años de estudio (2004 y 2005), en el segundo se tuvo una respuesta mayor a la fertilización por lo que concluyen la existente interacción año por fertilización (Dasci y Comakli, 2011).

KouKoura et al. (2005) obtuvieron que en todos los años los tratamientos fertilizados superaron en producción a los no fertilizados, sin embargo esta diferencia fue estadísticamente significativa solo en el primer año después de la aplicación del fertilizante. Los autores citan a Hekin et al. para dar la posible explicación de que la fertilización nitrogenada aumente el rendimiento de forraje solo en el primer año luego de la aplicación.

Otros autores observaron variaciones de respuesta dependiendo de la dosis de N agregada. Lodge (1959) documentó que menos de 34 kg/ha de N no incrementaban la producción de MS. Mientras otros autores observaron que rangos mayores a éste aumentaba solo ocasionalmente la producción (Smika et al. 1963, Klicher et al. 1965, Cospers et al. 1967, Black 1968, Cospers y Thomas 1971). Por su parte Westin et al. (1955), Smoliak (1965), Manson y Miltimore (1969), concluyeron que rangos mayores a 68 kg/ha de N por lo general aumentaban la producción.

Sin embargo, los mismos Lorenz y Rogler (1973a) en su propia investigación encontraron respuesta a la fertilización de N y P incluso en años secos (1959 y 1961). Afirman que aunque el incremento absoluto fue pequeño durante los años secos, el incremento de pocos miles de kg/ha de forraje puede ser más valioso para el ganado que muchos cientos de kg en años con las mejores condiciones climáticas.

Guevara et al. (2000) estudiando los efectos de la fertilización en la región centro-oeste de Argentina llegaron a la conclusión que la aplicación de N+P aumentó el rendimiento de forraje cuando las lluvias en el período de crecimiento fueron superiores a los 300 mm. Esta conclusión deriva producto de que la producción de forraje fue muy distinta entre los tres años de estudio (380, 660 y 1150 kg/ha de MS en 1996, 1997 y 1998,

respectivamente). Además la producción incrementó al fertilizar solo un año (1998), esta fue 40% mayor en los tratamientos fertilizados, comparados con el control.

La fertilización nitrogenada puede incrementar la producción pero hay que tener presente que en algunas localidades no se observó respuesta. Explican que este comportamiento puede deberse, entre otros factores a la textura de los suelos así como también a las pobres condiciones de la pastura (Mason y Miltimore, 1959).

Confirmando esto, Bottaro y Zavala (1973) muestran que la respuesta a la fertilización de los campos naturales (expresados como rendimiento máximo sobre rendimiento del testigo) alcanzan valores de 4,35; 4,22; 2,3 y 2,07 para la pradera parda sobre Fray Bentos, la pradera arenosa sobre Cretácico, el litosol sobre basalto y la pradera negra sobre Basalto respectivamente. Esto resalta la variabilidad mencionada anteriormente.

2.1.3. En la producción estacional de forraje

Bottaro y Zavala (1973), Díaz-Zorita (1997) afirman que el N como herramienta de manejo puede modificar la distribución de forraje a lo largo del año, haciéndola más homogénea y de esta forma poder cubrir en forma parcial ciertos momentos de déficit de forraje.

Ayala y Carámbula (1994) ponen de manifiesto que es más importante para el productor conocer el rendimiento estacional que el total anual de forraje, ya que este está más comprometido con la producción actual más que con la producción total anual de forraje, que pierde relevancia. En contraposición con lo expresado por los autores anteriores, que indican una distribución de forraje más homogénea a lo largo del año; concluyen de sus investigaciones que el uso de N magnifica la ya conocida estacionalidad del campo natural. Explican lo anterior indicando que la mayoría de nuestras pasturas naturales están constituidas principalmente

por especies estivales, por lo tanto la mayor respuesta se daría en los períodos de mayor producción de estas, en los meses de primavera, verano y otoño. Con respecto al invierno, estos indican que si bien, al igual que en las otras estaciones, se registran efectos favorables del N, en términos absolutos no son de gran magnitud como para cubrir las necesidades animales. Las EUN de primavera y verano fueron cercanas a los 14 kg MS/kg de N mientras que en invierno fue de 1,5 kg MS/ kg de N en el promedio de 2 años. Por esto no recomiendan el uso de la fertilización en invierno para aumentar la producción en esa estación de forma inmediata. Indican que el ciclo biológico de las especies presentes (estivales en su mayoría), las bajas temperaturas y el exceso hídrico impedirían el aprovechamiento del nutriente en la estación. Como solución proponen la fertilización otoñal para acumular forraje y diferirlo en pie para el invierno. Sin embargo, Zanoniani et al. (2011) reportan para la estación de invierno una EUN de 16 kg de MS/kg de N aplicado.

El aumento de la estacionalidad concuerda con lo expresado por Burgos de Anda (1974), que en su investigación observó que en los tratamientos sin fertilizar existió una marcada diferencia de producción entre las estaciones, con una mayor producción en verano y una menor producción en invierno. Los tratamientos fertilizados tuvieron la misma tendencia pero mucho más marcada, aumentando las diferencias entre ambas estaciones. Igualmente este autor expresa que la estacionalidad, así también como la producción anual, será diferente según el tipo de suelo y especies que compongan el tapiz. En función de esto se vio que en una pradera parda no hubo una respuesta clara a la fertilización, sin embargo en el Grumosol hubo una clara respuesta en otoño y en invierno, mientras que en las estaciones restantes la respuesta fue baja.

Por su parte, Castells (1974) difiriendo con lo anterior, señala a la primavera como la estación que mostró los máximos rendimientos de forraje y no el verano, tanto en los tratamientos fertilizados como en los sin fertilizar,

explicado por ser la estación que presenta mayor desarrollo de los tallos reproductivos. En la estación invernal, al igual que lo expresado anteriormente por Ayala y Carámbula (1994), es la que menor producción de forraje y respuesta a la fertilización tiene, explicando esto último por las bajas temperaturas registradas en la estación. Indica que para que sea una práctica segura y rentable, la fertilización nitrogenada invernal debe realizarse en las mejores pasturas.

Estudiando una pastura natural con especies estivales como *Paspalum notatum* como dominantes, al fertilizarla con 3 niveles de N, (0, 100 y 200 kg/ha) Boggiano et al. (2002) concluyeron que las fertilizaciones nitrogenadas aumentan las producciones en verano donde el ritmo de crecimiento de estas especies aumenta. En otoño la respuesta a la fertilización es baja, no tan clara como en verano. Se debe a que las especies componentes de esta pastura reducen su ritmo de crecimiento en otoño, en respuesta a menores temperaturas, y lo que puede limitar la respuesta a los niveles de N. Reforzando esto, Ayala y Carámbula (1994) afirman que en pasturas constituidas por especies estivales la mayor respuesta a este nutrimento se concentra en los períodos de mayor producción de las mismas.

En una pastura dominada por *Lolium multiflorum*, *Bromus spp.* y *Stipa spp.*, todas estas invernales, se logró aumentar 6 veces la producción de forraje con 150 kg/ha de N (Fernández Greco et al., citados por García Latasa et al., 2005).

El momento de aplicación de fertilizante puede afectar la producción a lo largo del año. En este sentido Ayala y Carámbula (1994) afirman esto catalogando al momento de aplicación del fertilizante como condicionante de la respuesta a la pastura. Con respecto a este factor, Wight (1976) vio que tanto el vigor como el número de plantas de *Agropyron smithii*, una especie perenne invernal con crecimiento rizomatoso, aumentaba al agregar 337

kg/ha de N. Mientras las invernales aumentaban, las estivales decrecían. El autor cita a Rehm et al., para explicar que este efecto se podría revertir cambiando la época de aplicación de fertilizante tarde en la primavera o en verano beneficiando las estivales. Sin embargo, el autor explica que si la dosis es lo suficientemente alta para que se difiera en el tiempo, las invernales se beneficiarán de todos modos deprimiendo a las estivales. De este modo, el momento de aplicación de fertilizante afecta la producción estacional afectando la producción de las especies presentes al momento de fertilizar.

Experimentos nacionales han demostrado que el empleo de fertilizantes a inicios de otoño puede estimular el rebrote temprano y el crecimiento de las invernales y alargar el período vegetativo de las estivales. Si la aplicación se realizara hacia fines del invierno, alargaría el crecimiento invernal y adelantaría el rebrote de especies estivales. La fertilización en ambos momentos permitiría, por lo tanto, el rebrote más temprano de estos grupos de especies y alargar el período de crecimiento tendiendo a reducir el tiempo de escasa producción invernal (Berretta et al., 1998).

Con aplicaciones fraccionadas de N desde finales de otoño a principios de primavera Boggiano et al. (2004c) estudiaron la respuesta del campo natural en invierno al fertilizar con N. Concluyeron que la contribución por parte de las gramíneas invernales aumenta con el agregado de nitrógeno. Esto afirma que la fertilización nitrogenada es una herramienta fundamental para levantar la restricción invernal que presenta el campo natural de esta región. Confirmando esto Rodríguez Palma et al. (2004a) observaron un aumento entre el 40 y 50% de la participación de gramíneas invernales al fertilizar en el período otoño-invernal trabajando en la misma región que los anteriores.

El incremento de las especies invernales gracias a la fertilización nitrogenada, es una de las vías para hacer más invernal el tapiz, al igual que

la introducción de leguminosas, fertilización fosfatada y manejo del pastoreo que permita florecer a estas especies (Berretta y Levratto 1990, Bemhaja et al. 1998).

Cardozo et al. (2008) reportan la predominancia de especies anuales invernales como efecto residual de sucesivas fertilizaciones, observando que con altas dosis de N tuvo alta presencia el raigrás anual (*Lolium multiflorum*), gramínea anual invernal que realiza una gran extracción de N durante la primavera al pasar al estado reproductivo y se conserva como semilla en la estación de verano, la estación adversa.

La dosis de N es otro aspecto a tener en cuenta. Drawe y Box (1969) encontraron que incrementando la dosis de fertilizante nitrogenado llevó a un aumento sostenido en la producción de gramíneas mientras las malezas decrecían.

En otro experimento se vio que dosis por arriba de las 168 kg/ha de N puede tener efectos erráticos, a veces siendo drásticos para la pastura. En ocasiones se incrementaban las especies perennes deseables mientras que en otras las malezas presentes se veían altamente estimuladas (Wight, 1976).

Martin et al. (1964) comparando la respuesta a la fertilización de especies perennes contra anuales concluyeron que la producción incrementó en dosis bajas prácticamente debido a pastos anuales. En contraste, con altos niveles de N el incremento se explicó básicamente al *Phalaris tuberosa*, especie perenne.

Así como los factores anteriormente mencionados, es de vital importancia conocer las especies que se encuentran presentes a la hora de tomar la decisión de fertilizar. Los estudios que se describirán a continuación demuestran que dependiendo del grupo funcional, y hasta de la especie en particular presente, será su respuesta al N.

Ejemplo de la afirmación anterior es el estudio realizado por Cosper et al. (1967) que al aplicar N en un sitio determinado se incrementó significativamente las gramíneas de porte intermedio mientras los pastos cortos y otras especies disminuían. Sin embargo en otro sitio, donde la presencia de pastos cortos representaba al inicio del estudio el 80% del total de la vegetación, la fertilización no tuvo efecto significativo en el cambio de la composición botánica.

Las especies subtropicales y tropicales al poseer un potencial de producción mayor, requieren de mayor cantidad de nutrientes que las especies templadas. Esto se puede afirmar porque, mientras las especies templadas respondían linealmente hasta el agregado de 350 kg/ha de N, las subtropicales y tropicales lo hacían hasta 1080 kg/ha de N (Carámbula, 1971).

Por su parte, Berretta et al. (1998) trabajaron sobre suelos de Basalto, con predominancia de especies C4 estivales, donde la presencia de las invernales es relativamente baja, limitando la producción ganadera. Se vio que el promedio de los tratamientos fertilizados siempre tuvieron más recubrimiento que el campo sin fertilizar explicado por el aumento del nivel trófico del suelo.

Lorenz y Rogler (1957) estudiando la respuesta a la fertilización de distintas especies en las planicies del norte de Estados Unidos vieron que las especies invernales presentes, como *Agropyron smithii*, *Agropyron desertorum* y *Stipa comata*, respondieron vigorosamente a fertilizaciones tempranas en la primavera. Sin embargo esta respuesta también la tuvieron malezas y otras especies no deseadas, principalmente en la primera estación luego de la fertilización.

Las malezas también se han visto afectadas por la fertilización nitrogenada, sin embargo el comportamiento es errático. Huffine y Elder (1960) en un experimento en Oklahoma encontraron que la producción de

malezas incrementaba de 2 a 5 veces (en peso) al fertilizar pasturas naturales, comparando con pasturas sin fertilizar. Por otro lado Honnas et al. (1959), contradiciendo lo anterior. Experimentos en Arizona constataron que *Bouteloua sp.* responde consistentemente a la fertilización.

Al igual que Honnas et al. (1959), Pettit y Deering (1974), Rehm (1984) reportan un incremento de malezas luego de fertilizar con nitrógeno. Berretta et al. (1998) vio como las hierbas enanas, en este caso macachines, aumentaban con la fertilización en invierno. Sin embargo las malezas de campo sucio, representadas por *Baccharis coridifolia*, *Baccharis trimera* y *Heimia sp.*, no tendieron a aumentar con la fertilización, aunque originalmente tenían escasa participación. Sin embargo, Klingman (1956) reportó que el fertilizante ayudó a controlar algunas malezas, sobre todo anuales, al incrementar la competencia por parte de las especies deseadas en la pastura.

Estudiando la producción de tres ecotipos de *Paspalum notatum* Flugee, una gramínea estival perenne estolonífera que está presente habitualmente en el campo natural de la región, Gómez et al. (2004) registraron una producción máxima de 14301kg MS/ha (ecotipo Bagual) y una mínima de 9138 kg MS/ha. Esto permite confirmar el potencial de esta especie, y por lo tanto el potencial que puede presentar el campo natural.

2.1.4. En la carga animal

Los efectos en la pastura, son importantes si al final, contemplando la sustentabilidad de esta, se transmiten en aumento de la productividad animal, de lo contrario cualquier esfuerzo pierde relevancia.

La fertilización nitrogenada de forraje a gramíneas generalmente incrementa la capacidad de soporte de la pastura y la producción animal por unidad de área, pero no necesariamente esto es causa de un incremento en la performance individual a menos que la calidad del forraje o la

disponibilidad de este hayan aumentado. La productividad animal al fertilizar pasturas puede no llegar a ser tan buena como al introducir leguminosas (Dougherty y Rhykerd, 1985).

Boggiano et al. (2000c) obtuvieron valores de carga animal de 1454 kg PV/ha/día cuando la OF es de 4,2% y el nitrógeno agregado fue de 120 kg/ha. La respuesta de la carga al N fue más sensible a bajas OF, es decir, cuando la intensidad de pastoreo es alta. Se verificó un aumento de 500 kg PV/ha/día al agregar N, representando un aumento de 2,5 kg PV/ha/día por kg de N adicionado. El autor cita a Lucas y Mott, donde expresan que para una misma OF la carga aumenta porque existe un aumento en la producción de la pastura, en este trabajo el aumento de la carga por aumento de la producción de forraje a OF constante se logró con aumentos en el agregado de N. Todo esto concluye que la carga animal y la tasa de crecimiento (TC) de la pastura están relacionadas.

Con respecto a esto, Rodríguez Palma et al. (2004b) estudiaron el efecto de la fertilización nitrogenada del campo natural en la producción animal. Se observó que la fertilización permitió manejar cargas superiores que el no fertilizado en los dos años del experimento, sin afectar la desempeño individual, logrando así mayor producción anual en kg de peso vivo por hectárea (entre 60 y 90% más). Los mismos autores en 2008, encontraron que con fertilizaciones de 100 kg/ha de N se aumentó la carga en los cinco años estudiados en un 66% promedio, sin afectar las ganancias individuales en cuatro de los cinco años. Concluyendo así que la fertilización otoño-invernal al incrementar la producción anual acumulada permite aumentar la receptividad de las pasturas y por esto aumentar la producción secundaria (Rodríguez Palma et al., 2008b).

En un período de evaluación otoño-invernal del campo natural, el promedio de la carga utilizada en los 50 días del período de pastoreo fue de 1,39 y 2,64 animales por hectárea para N0 y N50 respectivamente, que se

correspondió con un aumento significativo del 89,9%. Concluyendo así que la fertilización nitrogenada permitió incrementar la producción de forraje y así permitir el aumento de la carga animal (Peirano y Rodríguez, 2004).

Berg y Sims (1995), estudiando la respuesta a la fertilización de pasturas naturales obtuvieron respuestas cuadráticas para ganancia de PV/ha, con una EUN media de 3,3 kg de carne/kg de N agregado. Gillen y Berg (1998), en un ensayo similar, obtuvieron valores de EUN de 45 kg de MS/kg de N aplicado y 2,7 kg de PV/kg por kg de N aplicado.

Utilizando terneras en pastoreo con carga continua y OF fija durante el año (9 kg MS/ha) Gomes (2000) evaluó el efecto de tres niveles de N (0, 100 y 200 kg/ha) sin encontrar diferencias significativas en la producción de forraje con el incremento de los niveles de N, pero si detectó aumentos en la producción animal por hectárea, manteniendo la ganancia individual. La carga media (promedio de cargas entre primavera y verano-otoño) fue de 572, 752 y 854 kg/ha/día de PV para los niveles de 0, 100 y 200 kg/ha de N respectivamente.

Holmes (1968) analiza resultados de varios trabajos reportando un leve aumento en términos de ganancia de peso/ha luego de que 200 kg/ha de N fueron aplicados. Cita el trabajo de Browne y Walsh, donde no hubo respuesta en producción/ha al incrementar al N. Sin embargo, también cita a Tayler y Rudman, que encontraron una pequeña respuesta de aumento de la ganancia de peso/ha cuando los niveles de N incrementaban de 116 a 232 kg/ha de N.

2.1.5. En la utilización de forraje

Mazzanti y Lemaire (1994a) afirman que la fertilización nitrogenada tiene un marcado efecto en el dosel foliar de la pastura con carga continua ya que modifica la densidad de los macollos y la distribución vertical de la masa de forraje (Mazzanti et al., 1994b). Estos parámetros tienen una

importante influencia en el consumo de forraje (Hodgson, Black y Kenney, Lantinga, L'Huillier et al., citados por Manzatti y Lemaire, 1994a). Mazzanti y Lemaire (1994a) en un trabajo que tiene como premisa mantener un determinado IAF en la pastura controlándola por pastoreo, encontraron que los tratamientos que habían sido fertilizados con altos niveles de N el forraje consumido fue 57% mayores comparando con los tratamientos con baja fertilización nitrogenada. El forraje senescente también aumentó un 10% con alta fertilización, respecto a baja fertilización. En cuanto la eficiencia de utilización del forraje, los tratamientos con fertilización alta incrementaron la eficiencia de utilización real del forraje en un 13%. Al calcular la eficiencia de utilización potencial del forraje, es decir, la que serían realmente utilizado si las condiciones de la pastura se hubiesen contenido constante aumentaron un 28% en las parcelas fertilizadas con altos niveles de N.

2.1.6. Otras respuestas

Brum y De Stefani (1998) encontraron lo que se podría llamar respuestas secundarias a la fertilización ya que no son buscadas directamente al realizar esta práctica. Vieron un rebrote más temprano de la pasturas al fertilizarlas al igual que un retraso del reposo de las especies que componen esta. Estos dos sucesos hacen que el período de crecimiento sea más largo. Los mismos autores también atribuyen una capacidad mayor por parte de las pasturas fertilizadas a que se produzca el crecimiento vegetal a pesar de condiciones adversas, dado que vieron que al fertilizar las pasturas se mantenían verdes por más tiempo.

Hoglund et al. (1952) aplicando 200 kg/ha anuales de 16-20-0, durante 5 años encontraron que además de aumentar la producción de forraje en 2882 kg/ha, el período que se contó con forraje verde fue el doble haciendo que la fecha de iniciación de pastoreo se adelantara seis semanas.

Rogler y Lorenz (1957) trabajando sobre una pastura dominada por *Bouteloua gracilis*, como especie estival, y la invernal *Agropyron smithii*,

encontraron que en promedio, las parcelas fertilizadas comenzaron el crecimiento 10 días antes que las no fertilizadas.

2.2. EFECTO DE LA OFERTA DE FORRAJE

Las recomendaciones que integran OF tienden a ser miradas desde el punto de vista animal. Generalmente están relacionadas a llegar a resultados de desempeño animal específicos y están basados en estudios de corto plazo. En orden de usar esta herramienta eficientemente en sistemas ganaderos, la OF necesita contemplar conocimientos del impacto en la condiciones de la pastura y su producción en el corto y mediano plazo, y tener en cuenta el desempeño de todo el sistema. El concepto de OF es muy útil cuando se maneja cortos períodos de pastoreo, entre 1 -3 días, ya que provee la ración diaria de forraje y el crecimiento durante el pastoreo puede ser ignorado. Es más difícil usarlo cuando los periodos de pastoreo son largos y cuando el crecimiento durante el pastoreo es muy significativo en la producción (Hodgson, 1984). Heitschmidt y Walker (1997) afirman que el problema de la OF en el largo plazo es que la presión de pastoreo cambia en el tiempo principalmente por variaciones en el forraje disponible debidas a diferencias en la magnitud de producción y diferencias estacionales a lo largo del tiempo. Proponen como solución para controlar la presión de pastoreo en el tiempo el ajuste estacional en la demanda de forraje; pudiendo variar desde cero (cierre de potreros); a niveles moderados de pastoreo continuo hasta niveles muy altos de pastoreo intermitente.

El pastoreo puede estimular o reducir la producción de forraje, resultando necesario identificar combinaciones en intensidad y frecuencia de defoliación para los cuales exista una adecuada productividad sin deteriorar las pasturas (Nabinger et al., 2007). Briske y Heischmidt, citados por Gomes (2000) tildan a la OF como la base para el manejo sustentable de la pastura. El animal en pastoreo debe consumir y producir carne sin que haya perjuicios para la estructura de la planta.

2.2.1. En la producción anual de forraje

Ferraro y Oesterheld (2002) afirman que la biomasa aérea experimenta directamente los efectos de la defoliación al perder tejido fotosintético, resultando en pérdidas de carbono y nutrientes. Para confirmar esto citan a varios autores para explicar que una disminución de la biomasa aérea final de las plantas defoliadas, causada por pérdida de tejido funcional, ha sido observado en muchos trabajos a nivel de maceta y campo en Belsky, Verkaar, Painter y Belsky. Sin embargo, el efecto negativo de la defoliación en la TC o biomasa final usualmente es menos que proporcional a la remoción de la biomasa verde. Ocasionalmente, este efecto es positivo (McNaughton et al., citados por Ferraro y Oesterheld, 2002), lo que se llama crecimiento compensatorio, donde las plantas defoliadas parcialmente o totalmente compensan la extracción de su biomasa. La magnitud de esta respuesta compensatoria ha sido asociada con los niveles de nutrimento (Georgiadis et al., Alward y Joern, Hicks y Reader, citados por Ferraro y Oesterheld, 2002), la distribución del carbono (Briske et al., citados por Ferraro y Oesterheld, 2002), mecanismos de evolución (Crawley, Vail, citados por Ferraro y Oesterheld, 2002), ambiente lumínico (McNaughton, citado por Ferraro y Oesterheld, 2002) y las condiciones durante la recuperación (Oesterheld y McNaughton, citados por Ferraro y Oesterheld, 2002). Los autores concluyen de sus resultados que los efectos compensatorios son el mecanismo usual de las plantas frente a la defoliación. Estos citan a varios autores para explicar varios mecanismos por el cual el crecimiento compensatorio se expresa fueron identificados como por ejemplo incremento en la tasa fotosintética (Senock et al.), decrecimiento del auto-sombreado por parte de la propia planta (Oesterheld y McNaughton, McNaughton), la redistribución del crecimiento desde otras partes de la planta (Briske et al., Holland et al.), la activación y proliferación de meristemas (Wandera et al., Hay y Newton), reducción de la tasa de

senescencia y mayor eficiencia del uso del agua de lluvia (Varnamkhasti et al.), entre otras.

Maraschin et al. (1997), encontraron en campos nativos estivales una respuesta cuadrática con la OF. En la menor oferta, 4%, la productividad fue mínima, 2075 kg/ha de MS. Esta se incrementó a 3488 y 3723 kg/ha de MS cuando las OF fueron de 8 y 12% respectivamente, y disminuyó a 3393 kg/ha de MS en 16%. Esta respuesta se relacionó directamente con la eficiencia de conversión de la energía en cada OF que determinó una reducción en radiación interceptada por baja cobertura vegetal a niveles de OF bajo o prolongación del tiempo de sombreado a niveles de OF altos. Con respecto a las altas OF Nabinger (1998) expresa que llevan a una reducción en la producción de forraje debido a que el tejido remanente luego del pastoreo presenta mayor proporción de tejido viejo de menos eficiencia fotosintética. Además el tejido joven al formarse en condiciones de baja luminosidad presenta baja eficiencia fotosintética aún en óptimas condiciones de luz. El autor cita a Parsons, para fortalecer la afirmación anterior, exponiendo que con altas OF la tasa de senescencia aumenta hasta un punto en el que puede igualarse a la TC, haciendo que la producción neta sea nula o disminuya. Chapman y Lemaire (1993) coinciden con lo anterior expresando que al llegar al índice de área foliar (IAF) óptimo la tasa de acumulación de forraje comienza a declinar ya que las hojas viejas senescen a una tasa aproximadamente igual a la tasa de aparición de hojas, de la misma manera que el número de hojas presentes por tallo se torna constante al momento que comienza la senescencia, con una creciente acumulación de material muerto.

Con altas intensidades de pastoreos aumenta el porcentaje de gramíneas, en los cuales el rebrote está compuesto por hojas jóvenes y fisiológicamente activas en términos de fotosíntesis (Maraschin y Mott, 1989). Los autores concuerdan con Brougham y Blaser, con que la renovación de la mayoría del material viejo proveniente de la base de la

planta promueve el rejuvenecimiento de la pastura como consecuencia de la aparición de nuevos macollos y hojas fotosintéticamente más activas.

Al trabajar con bajas OF, Brougham, citado por Nabinger (1998) reportan que el tiempo necesario para que la pastura llegue a un IAF capaz de interceptar la mayor parte de la radiación incidente aumenta con respecto a OF mayores y por lo tanto la producción de forraje con períodos de descanso fijos es menor a bajas OF que a altas. Con respecto a este problema, Boggiano et al. (2011b) trabajando con distintas OF encontraron que a mayor OF se absorbe la máxima radiación fotosintéticamente activa (PAR) en menos tiempo sugiriendo ajustes en el período de descanso dependiendo de la OF (Chapman y Lemaire, 1993). Boggiano y Zanoniani estiman un tiempo promedio de 60 días de descanso en invierno para que especies como *Bromus auleticus* y *Stipa setigera* puedan recuperar el IAF antes del próximo pastoreo¹. Humphreys y Jones, citados por Maraschin et al. (1983) expresan que la renovación de las partes aéreas de la planta en intervalos largos es una práctica que puede eliminar los indicios de que la pastura fue pastoreada, es decir, recuperar el IAF.

Setelich (1994) explica que a altas OF se da mayor producción invernal, pudiéndose explicar esto por la mayor participación de especies invernales junto con las maciegas y la posible protección que el estrato superior podría estar causando sobre las gramíneas estoloníferas de verano.

Hodgson et al. (1971) observó que la TC de la pastura se redujo a medida que la intensidad de pastoreo incrementó, aunque todos los tratamientos fueron cortados a la misma altura después del pastoreo, probablemente porque las mayores intensidades fueron rápidamente pastoreadas hasta un nivel bajo rápidamente. Hubo una sustancial reducción de la altura remanente en el tratamiento de alta intensidad comparando con

¹ Boggiano, P.; Zanoniani R. 2008. Crecimiento bajo pastoreo. In: Curso de pasturas. 4to año Facultad de Agronomía, Orientación: Agrícola-Ganadero. 57 diapositivas. (sin publicar)

el de baja intensidad y un marcado incremento en la proporción del área pastoreada en altas intensidades.

Por su parte Reffati et al. (2008) afirman que la manipulación de la OF a lo largo del año potencializa la producción de forraje del campo natural. Detectó como las mayores TC fueron de 15 kg/ha/día de MS cuando la OF fue de 12% durante todo el año y se disminuyó a 8% en la primavera, teniendo por lo tanto la mayor producción de forraje (4402 kg/ha de MS). El tratamiento que presentó menores TC (2 kg/ha/día de MS) fue con una OF de 4% fija durante todo el año. Soares et al. (2005) explican que alteraciones de OF a lo largo del año producen cambios en la vegetación que tienen como consecuencia desempeños animales diferentes comparado con las fijas. Este impacto resulta ser particularmente importante en el período de mayor restricción de forraje, cuando una menor OF en primavera (8%) en dirección a una mayor OF en el resto del año (12%) se consiguen ganancias positivas del ganado, siendo así un horizonte de potencial de producción del animal en la pastura nativa.

Mezzalira et al. (2012) afirman que la masa de forraje varió de 800 kg/ha con OF de 4% a 1700 cuando la OF es variable durante el año (12% en primavera y 16% el resto del año). Contrastando OF fijas durante todo el año observaron que el aumento más intenso en la producción se dio cuando se cambió de 4% a 8% comparado con el aumento de producción entre 8 y 16%. Los resultados en la TC de forraje muestra el efecto directo que tiene el pastoreo sobre la producción de pasto. Las menores TC se constataron en el tratamiento de 4% de OF siendo 4,4 kg/ha/día de MS. Correa y Maraschin (1994), observaron TC diario de 18 y 7 kg/ha/día de MS para los tratamientos de 16 y 4% respectivamente, mientras que Pinto et al. (2008) observaron TC de 18 y 13 kg/ha de MS para estas mismas OF. Sin embargo, se indica el hecho de que un aumento en la disponibilidad como consecuencia de aumentos en la producción, trae consigo aumentos en la complejidad de la estructura de la pastura y con esto un aumento en la

dificultad de los animales para explorarla (Laca). Esto se refleja en el trabajo ya que con OF de 12 y 16% se tuvieron los mismos desempeños animales, aunque la última OF tuvo mayores producciones.

Nabinger (1998) analizó distintas OF (4, 8, 12 y 16%) sobre la producción primaria y secundaria del campo natural. Con reducciones en la presión de pastoreo (mayor OF) hubo un correspondiente aumento en la producción primaria del campo natural, cuyos valores fueron 2015, 3488, 3723 y 3393 kg/ha de MS para 4, 8, 12 y 16% de OF respectivamente. Tales OF aseguraron ganancias de PV/ha de 78, 132, 145 y 116,5 kg. Los autores constataron que un aumento en la OF de 4 a 8% proporcionó un aumento en la cantidad de energía fijada en la parte aérea de 68% y de 4 para 12% el aumento fue mayor, llegando a 79%. Con el tratamiento de 16% también hubo un aumento de la producción de forraje comparado con la OF más baja (63%). Al aumentar la OF se proporciona un aumento del área foliar disponible con mayor superficie de captación de la radiación solar, permitiendo así un aumento en los kg/ha de MS. Esto se traduce con la misma tendencia en la producción secundaria. Con respecto a esto, Heitschmidt et al. (1989) reporta que el forraje disponible para el pastoreo es significativamente mayor cuando el pastoreo es moderado con respecto a pastoreos intensos.

Mezzalira et al. (2008) trabajando con distintas OF estudiaron el efecto de esta sobre la pastura y concluyeron que con una OF fija de 12% los días de retorno a la pastura fueron equivalentes al filocrono de la pastura. Sin embargo, OF por debajo de 8% no proporcionan el número de días suficiente para que la planta emita una hoja antes de ser pastoreada. Por encima de 12% se logran intervalos mayores que la tasa de surgimiento de hojas, lo que lleva a la formación de maciegas, rechazadas por el pastoreo.

La dotación animal es la relación entre el número de animales y el área total en un tiempo especificado; es una relación entre animal y

superficie en el tiempo. La OF es la relación entre la cantidad de MS de forraje expresado en función del animal por unidad de área en un momento determinado del tiempo, se trata de una relación forraje/animal inversa a la presión de pastoreo (Allen et al., 2011). Esto es útil para relacionar trabajos que estudian dotaciones con el efecto que puede tener la OF. Por ejemplo, cuando se evalúan diferentes dotaciones manejadas dentro de una misma pastura, es decir, que presenta la misma cantidad de forraje, puede asociarse con la OF a través de la presión de pastoreo: a mayor dotación animal, mayores presiones de pastoreo, por lo tanto menores OF.

Pizzio y Royo (1998), evaluado tres dotaciones animales (0,83, 1,13, y 1,48 vaquillonas/ha/año) durante nueve años observaron que la intensidad de pastoreo alta afectó significativamente la disponibilidad de MS, de tal modo que, a partir del quinto año de evaluación los niveles de disponibilidad comienzan a hacerse críticos, siendo casi nula la disponibilidad en el octavo año, en donde también influenciaron las severas condiciones climática.

En otro experimento realizado por los autores siguiendo la misma línea de estudio, pero esta vez utilizando novillos como evaluadores, con intensidades de 0,8, 1,06 y 1,33 novillos/ha/año, observaron que con altas dotaciones la disponibilidad de MS disminuyó considerablemente, llegando al quinto año a 100 kg/ha de MS con un 25% del suelo desnudo y con ausencia de mantillo.

Sin embargo, Hart et al. (1988) estudiando el efecto del pastoreo sobre los componentes de la pastura, no encontraron diferencias significativas en el forraje producido al variar la intensidad de pastoreo en siete años de estudio. La diferencia obtenida entre años fue debida a diferencias en cantidad y momento de las precipitaciones.

El forraje disponible puede estar limitando la producción animal tanto por su cantidad, afectado directamente por el forraje producido, como también por su tipo de distribución, es decir, su estructura. Los resultados

publicados por Carvalho et al. (2007) arrojan que la estructura horizontal del campo es fuertemente afectada por la OF, ya que modifican de distinta forma el estrato inferior (sitios pastoreados) y el superior (poca presencia de pastoreo). El porcentaje de maciegas cubriendo el área es prácticamente despreciable en OF de 4%, mientras que en OF altas pueden llegar a valores entre 35 y 40%, o sea 60% del área sería efectivamente utilizada por los animales. Sin embargo a bajas OF, el aumento del área disponible para pastoreo no significa que sea más el forraje disponible para los animales: Puede que la cantidad de MS y la altura del pasto restrinjan el consumo de MS/animal (Gonçalves y Carvalho, citados por Carvalho et al., 2007); otro posible efecto es que con bajas OF, sean tantos los animales presentes, que aun aumentando el área disponible de pastoreo, el área por animal siga siendo limitante. Esto puede llegar a suceder cuando se utiliza una única categoría y especie animal, niveles fijos de OF a lo largo del año, entre otros factores. Cuando se utiliza una estrategia de pastoreo en la cual se baja la OF en la estación de primavera (8% en primavera y 12% en el resto del año) es posible que se recupere un 10% el área efectiva de pastoreo sin que la MS y la altura del forraje sean perjudicadas (Santos, 2007). Esto constituye una clara evidencia de que la manipulación de la OF, ajustando la carga, constituye una importante herramienta para la construcción de una estructura pastoril favorable para el pastoreo y desempeño animal.

Según Maraschin (2001), con la utilización de una OF intermedia (8%) ocurre frecuentemente una gran remoción del perfil de pasto y por lo tanto lo hace vulnerable a los cambios de las condiciones climáticas. OF de 12 y 16% hacen que el campo presente un porte más elevado, siendo característico la presencia de maciegas de diferentes diámetros (Setelich, 1994). En este caso, la propia biomasa aérea y también su sistema radicular puede significar menor vulnerabilidad frente a adversidades en el clima.

2.2.2. En la producción estacional

Soares et al. (2005) observaron el efecto de la OF en las distintas estaciones de año. En la primavera se constató que la tasa de acumulación de forraje tuvo diferencias entre tratamientos, siendo el tratamiento de 16% de OF el que presenta menos tasa de acumulación de MS, no habiendo diferencias entre los tratamientos de 8 y 12%. El valor medio de TC fue de 10,3 kg/ha/día de MS. Setelich (1994), que por su parte también encontró efecto significativo de la OF en la TC de MS, y el valor medio encontrado fue de 13 kg/ha/día de MS. Esto concluyó que ambos autores encontraron efecto significativo lineal de la OF sobre la masa de forraje, siendo esta mayor a mayores OF. En verano la TC promedio no tuvo diferencias con la primavera. La mayor TC estival se verificó en las OF más bajas, mientras que en invierno fue inverso. La mayor producción en invierno en OF altas puede estar explicado por la mayor participación de las especies invernales junto con las matas, según lo observado por Setelich (1994), y la posible protección que el estrato superior podría estar causando sobre las gramíneas estoloníferas de verano. En otoño la TC tuvo un comportamiento intermedio. La TC parece más sensible a las condiciones climáticas a bajas OF, acumulando más MS en primavera y en verano y menos en otoño e invierno, cuando se compara con OF mayores.

Boggiano et al. (2004b) indican que OF menores durante el verano reducen más la competencia de las especies estivales que están en período de crecimiento, mientras que *B. auleticus*, una gramínea perenne es menos perjudicado por presentar semi-latencia estival. Así en otoño, las parcelas de menor OF presentan un tapiz estival menos competitivo para el crecimiento inicial de las invernales (Rosengurtt, 1979). En contraposición, con altas OF se promueven las cespitosas de porte alto como *B. auleticus* que mantienen sombreadas a las estivales desde la primavera anterior reduciendo su cobertura, que se mantiene baja durante el verano por efecto del sombreado de los restos secos que se acumulan y son poco removidos por el pastoreo

en las OF altas, que favorecen la selectividad animal y rechazan el material muerto que permanece hasta el otoño.

Heitschmidt et al. (1989) afirma que la captura de energía solar es el primer paso requerido para mantener la integridad de un ecosistemas, porque a altos niveles de herbivoría usualmente limitan la habilidad del ecosistema de capturar energía solar. Ya sea un cambio en la composición de las especies o la reducción de la intensidad de la herbivoría deben ser anticipados. El autor constata que altas intensidades de pastoreo llevan a una pastura menos palatable, menos productiva y más tolerante al pastoreo, ejemplo de esto es la alta presencia de pastos cortos.

2.2.3. En la producción animal

La producción animal en una pastura es función en primer lugar de la cantidad y calidad de forraje consumido, que este a su vez es función de la cantidad y la calidad de forraje producido (Heitschmidt et al., 1989). Una premisa básica es que si cuanto peor es la condición de la pastura la capacidad de carga disminuye ya que la cantidad y/o la calidad de forraje producido disminuye (Stoddard et al., Danckwerts y Aucamp, Malechek, citados por Heitschmidt et al., 1989).

Symonds (1982) afirma que no es posible obtener el máximo rendimiento animal por unidad de superficie y la máxima ganancia de peso simultáneamente, pero se puede buscar un compromiso adecuado. En términos generales, las máximas producciones por hectárea se logran con una buena utilización de forraje disponible (altas presiones de pastoreo) sacrificando algo de producción por cabeza. Por el contrario, para lograr máximas ganancias de peso por animal se debe tender a un sub-pastoreo (bajas presiones de pastoreo) con mayores posibilidades de selección, sacrificando en algo la producción por unidad de área. A dotaciones medias (presión de pastoreo óptima) se logra una buena utilización con una ligera

depresión de la producción individual pero en general en este punto se logrará un mejor compromiso entre rendimiento por hectárea y por animal.

Según trabajos llevados a cabo por Maraschin y Mott (1989) la capacidad de carga de las pasturas mostró una reducción lineal con el aumento de la OF. La expresión de kg PV/ha/día es un estimativo confiable de la producción de una pastura una vez que los factores área, animal y tiempo están relacionados (Mott y Lucas, Calder, Mott y Moore, citados por Maraschin y Mott, 1989). Maraschin et al. (1983) evaluando los efectos de distintas OF (2,0; 3,5; 5,0 y 6,5%) y periodos de descanso (14, 28, 42, 56 y 70 días) detectó que la carga/ha/día fue mínima, 1000kg/ha/día de PV, cuando la OF era de 5,9 y el período de descanso de 42,6 días. Esto sugiere que para obtener las mayores presiones de utilización se tiene que usar mayores presiones de pastoreo.

Correa y Maraschin (1994) evaluando distintas OF y sus variaciones a lo largo de las estaciones de primavera y verano, reportaron que a las mayores OF (16%) logran mantener la misma carga animal al pasar de primavera a verano (450 kg PV/ha). Sin embargo, a menores OF la carga debe ser disminuida al pasar de primavera a verano de 800 kg PV/ha a 498 kg PV/ha en OF de 4%, de 566 kg PV/ha a 460 kg PV/ha con OF de 8% y de 474 kg PV/ha a 378 kg PV/ha cuando la OF es de 12%. Esta es una de las ventajas desde el punto de vista práctico (Moore, 1980) y de flexibilidad (Greenhalgh, 1970) al trabajar con altas OF. Sugiere como estrategia de manejo de la carga que se utilice con mayor intensidad en la primavera, y al fin de esta, evaluar los remanentes de la pastura. Esto permitiría maximizar la producción animal y de la pastura y ofrecer seguridad de disponibilidad de forraje en los períodos críticos de falta de agua en el suelo.

De Souza et al. (2008) evaluaron la ganancia individual y la diversidad de la composición botánica de la pastura concluyendo que a

mayor OF se dan mayores ganancias individuales y a su vez mayor diversidad específica. Sin embargo no reporta carga/ha.

La variabilidad de la producción de carne entre años fue reportada por Heitschmidt et al. (1989), afirmando que pastoreos más intensos provocan mayor variabilidad en la producción de carne, comparando con pastoreos moderados. Ejemplo de esto es que la producción a campo natural en un periodo de 5 años fue de 211 kg/vaca en promedio en el pastoreo intenso y la producción por hectárea fue de 44 kg; mientras que en el pastoreo moderado se promedio 215 kg/vaca y 34 kg/ha. Sin embargo en los pastoreos intensos, la producción por vaca varió entre 169 a 248 kg/vaca y 29 a 51 kg/ha comparando con pastoreos moderados que produjeron entre 182 y 237 kg/vaca y 29 a 38 kg/ha, registrando por tanto menor variabilidad en los resultados.

El desempeño animal incrementa con incrementos decrecientes hasta llegar a un máximo a medida que la OF incrementa (Jagusch et al., Rattray et al., citados por Hodgson, 1984). Esto refleja la influencia de la OF en la cantidad de forraje consumido. El forraje desaparecido normalmente alcanza un máximo de tres a cuatro veces el forraje consumido, pero empieza a declinar marcadamente cuando la OF es un poco menor que el doble del desaparecido (Le Du et al., citados por Hodgson, 1984). La OF afecta el forraje desaparecido indirectamente a través de su influencia en el cambio de la condición de la pastura, más que con su efecto directo. Para poder predecir el forraje desaparecido se requiere información sobre el estado inicial de la pastura, la cantidad de remanente objetivo y la magnitud y la forma del cambio de la pastura. Toda esta información será necesaria para poder tener un correcto entendimiento de la performance animal en un sistema de pastoreo (Hodgson, 1984). La reducción de la OF también puede disminuir la digestibilidad del forraje consumido (Geenty y Sykes, citados por Hodgson, 1984), pero usualmente esto tiene menor impacto en la performance que la limitante directa del forraje consumido. Variaciones en

las condiciones de la pastura pre-pastoreo (variaciones en el total o en el forraje verde o diferencias entre las especies de plantas presentes) generalmente influyen en la performance animal alcanzada cuando la OF no es limitante (Rattray et al., citados por Hodgson, 1984).

Hodgson et al. (1971) afirman que las máximas ganancias de peso se obtienen con altos niveles de forraje remanente. En su trabajo la ganancia de peso crece a medida que el remanente aumentaba hasta aproximadamente 2000-2500 kg de MO/ha, a mayores remanentes no mostraron incrementos en la ganancia. Los autores citan a Tiger concordando, donde encontró que la máxima ganancia de peso para novillos de dos años se alcanzó con remanentes de 1900 kg MO/ha. Otros resultados han mostrado que la ingesta de ganado adulto recién comienza a deprimirse cuando la OF cae por debajo de 1000-1100 kg MO/ha (Waite et al., Johnstone-Wallace y Kennedy, citados por Hodgson et al., 1971). No se pueden comparar estos resultados directamente porque las diferencias en el tipo de pasturas, en las técnicas de medición de forraje y también las diferentes categorías animales, sin embargo apoyan la afirmación.

2.2.4. En la utilización del forraje

A través de un buen manejo del pastoreo, se puede aumentar sustancialmente la producción y la eficiencia en la utilización de dicha producción, sin incrementar los costos. Al referirse al manejo se refiere al complejo planta animal, ósea, que ambos aspectos deben ser considerados en conjunto de normas de manejo a adoptar, como forma de aumentar la eficiencia de utilización de la pastura disponible (Symonds, 1982).

Forbes y Coleman (1986) explican que la tasa de desaparición del forraje disponible aumenta a medida que la OF es mayor, aunque puede estabilizarse o declinar cuando los residuos son altos (Nicol y Nicoll, 1987). Hart et al. (1988) no encontraron diferencias en la utilización entre pastoreo intenso y moderado en los dos primeros de siete años de experimento.

Desde mediados hasta el final de este la utilización fue significativamente mayor en el pastoreo intenso que en el moderado.

Gillen y Berg (1998) encontraron que toda la biomasa, incluyendo todos los componentes de la pastura (incluyendo hierbas), decayó a medida que la intensidad de pastoreo es mayor. Por lo que un mayor número de animales se traduce en mayor consumo de forraje. Mayores asignaciones de forraje (menores kg PV/ha) se asociaron a pastoreos selectivos, por lo tanto a una menor utilización de la pastura lo que favorece el desarrollo de malezas de campo sucio y el endurecimiento del forraje rechazado (Poppi et al., 1987).

La ingesta de forraje disminuye a medida que disminuye la OF (Greenhalgh et al., Arnold y Dudzinski, citados por Hodgson et al., 1971). Esto se ve reflejado en una marcada reducción en la ganancia de peso a medida que la presión de pastoreo incrementa luego de cierto punto (Willoughby, Tayler, citados por Hodgson et al., 1971), por esta razón la producción animal es frecuentemente mantenida a presiones de pastoreo laxas; este método abocado a la producción de carne en la UK asegura rápidos crecimientos pero falla en la utilización eficiente del uso del crecimiento de la pastura (Hodgson et al., 1971). Esto concuerda con los resultados obtenidos por Maraschin et al. (1983) donde la estimación del forraje consumido como MS desaparecida/animal se redujo a medida que la presión de pastoreo aumentó. Sin embargo, mayores niveles de consumo de MS/animal puede obtenerse con períodos de descanso de 42 días o mayores y con menores presiones de pastoreo.

Willoughby, Alden y Whittaker, citados por Stuth y Chmielewski (1981), afirman que cuando el forraje disponible es mantenido arriba de los niveles considerados como restrictivos para el consumo de forraje, el animal puede mantener casi constante el nivel de consumo al alterar el tiempo de pastoreo, los bocados por minuto y el peso de bocado. Sin embargo la MS

desaparecida no se mantiene constante cuando se cambian los niveles de OF (Willoughby, Reardon, Allison y Kothmann, citados por Stuth y Chmielewski, 1981). Los autores también citan a Carter et al., para explicar que las diferencias entre el consumo animal y el forraje desaparecido pueden deberse a crecimiento y descomposición del forraje durante el pastoreo, forraje rechazado irre recuperable, incontables efectos del pastoreo animal que deprimen la producción de forraje y el uso de nutrientes del animal que no son medidos. El forraje desaparecido parece aproximarse al consumido cuando las cargas son altas y sobreestima el consumo a cargas bajas indicando ineficiencias en la defoliación por parte de los animales cuando la OF es altas (Marsh y Murdoch, Baker et al., citados por Stuth y Chmielewski, 1981). Stuth y Chmielewski (1981) obtuvieron que las variaciones del forraje desaparecido diario fue explicado en un 67% por la OF diaria. Estos autores encontraron una relación significativa y positiva entre el forraje desaparecido diario y la oferta de forraje. La eficiencia de defoliación parece ser mayor en OF entre 6 y 9%, indicando que a bajas OF más nutrimentos y energía son consumidos por el animal con menos material perdido por senescencia y descomposición. Los autores concluyen que el manejo de OF requiere manipulación de la cantidad de pasturas pastoreadas, días de pastoreo y carga. Fluctuaciones en las tasas de crecimiento y el forraje disponible requerirá ajustes continuos en uno o más factores recién mencionados para mantener las OF óptimas para incrementar la eficiencia de defoliación por parte del animal durante la estación de crecimiento.

Risso et al. (1982) trabajando sobre pasturas cultivadas y con terneros llega a utilidades de forraje acumulado o eficiencias de pastoreo buenas considerando que se buscan altas ganancias diarias en forma sostenida para lograr una rápida terminación de los terneros. Los resultados obtenidos coinciden con trabajos extranjeros en los que se alcanzan desde 25% en algunos pastoreos individuales, a promedios entre 50-60% en los

casos que se usan altas cargas o dos categorías animales, tratando de no deteriorar las características productivas de las pasturas (Wright, Jagusch et al., Boswell y Cranshaw, Johnson, Campbell, Goold et al., citados por Risso et al., 1982).

2.3. INTERACCIÓN NITRÓGENO-OFERTA DE FORRAJE

Al ser el N y la OF los factores a estudiar en este trabajo, además de su estudio individual, es de fundamental importancia estudiar cómo interactúan influenciando la producción de forraje y los componentes que afectan a esta. Se registran datos acerca de esto, tanto a nivel internacional como nacional.

Gomes (2000) afirma lo anterior, exponiendo que los principales factores responsables de limitar el campo natural en Rio Grande del Sur han sido las altas dotaciones animales utilizadas y el agotamiento de los nutrientes disponibles, siendo el N de los más limitantes.

Carvalho et al. (2001) también indican que la intensidad de pastoreo y la fertilidad del hábitat gobiernan la respuesta de la vegetación nativa, la estructura del campo natural y el resultado de una interacción continua entre desempeño animal y crecimiento de las plantas. También influencia a la composición florística así como también se alteran las características de los grupos funcionales presentes; significando que esto pueda ser utilizado como una herramienta de diagnóstico para la orientación del manejo.

Gomes et al. (1998) constatan que mayores OF, así como también el diferimiento de las pasturas y fertilización permiten una mayor acumulación de MS de la pastura.

Con respecto a la producción anual de forraje Rogler y Lorenz (1957) observaron en su trabajo que en una pradera intensamente pastoreada al fertilizarla con 100 kg/ha de N se producen 2543 kg/ha de MS

en comparación con 1485 y 837 kg/ha de MS al agregar 34 kg/ha de N y no agregar respectivamente. Cuando el pastoreo fue moderado, la producción con fertilizaciones de 100, 34 y 0 kg/ha de N fue de 2247, 1472 y 734 kg/ha de MS respectivamente. Por esto afirman que la fertilización con 100 kg/ha de N durante dos años es una forma más efectiva de recuperar campos degradados que cerrando potreros por 6 años, como otro mecanismos de recuperación de la pastura.

Westin et al. (1955) evaluaron aplicar 23, 45 y 90 kg/ha de N a parcelas que habían sido pastoreadas por 10 años a distintas intensidades. La mayor respuesta fue al aplicar 90 kg/ha de N en las parcelas que habían sido intensamente pastoreadas. La mayor parte del incremento fue atribuido al efecto del N.

Ferraro y Oesterheld (2002) detectaron distintas respuestas a la defoliación sobre el total de la producción según el nivel de N disponible. Las plantas que crecían con niveles altos de N fueron más afectadas por los cortes que las que lo hicieron en niveles normales de disponibilidad N. Las plantas creciendo con niveles de N menores que lo normal mostraron un comportamiento intermedio, pero esta reducción no fue estadísticamente significativa.

Boggiano (2000a), llegó a que la producción de MS aumenta con incrementos de los niveles de N, siendo poco afectada con la OF. Los efectos de interacción entre N y OF fueron significativos. A altos niveles de N no se detectan diferencias de producción, entre los distintos niveles de OF, sin embargo a bajos niveles de N se observa un aumento de la producción con aumentos de la OF. También observó cómo la MS verde disponible (MSVDis) aumenta con aumentos de la OF y N, estos resultados concuerdan con el aumento de la TC de MS verde con niveles crecientes de N. Es de esperar que mayor MSVDis se de con altos niveles de OF y N. Sin embargo, altas dosis de N pueden provocar altas densidades de macollos y aumento

en la extensión foliar, llevando a una rápida superposición y sombreado de hojas. La MS verde remanente (MSVRem) fue foco de estudio también, resultando en aumentos de esta a mayores tasas en respuesta a OF que a N. El N modifica la estructura de la pastura aumentando su densidad y determina que al aumentar el N aumente la MSVRem para todas las OF. Por otro lado la OF determina el nivel de demanda del consumo por unidad de MSVDis, siendo el factor que determina cuanto forraje va a ser retirado, porque con aumentos de N y OF aumenta la MSVRem. Existe una tendencia a obtener mayor producción de MS con mayores residuos de pasturas, es decir menores presiones de pastoreo (Mella, 1980). La MS verde desaparecida (MSVDes) aumenta linealmente con aumentos de N. Sin embargo, al asociar la MSVDes con la producción se observa que aumentando la producción aumenta el desaparecido, manteniendo OF constantes en cada tratamiento.

Boggiano et al. (2000b), Boggiano (2000a), detectaron diferentes comportamientos de la pastura frente a la OF dependiendo la estación de año. Para otoño e invierno la TC aumenta al aumentar la OF y el N. En cuanto a las otras estaciones los resultados indican al N como variable determinante de la TC, siendo que con altos niveles de N la TC aumenta al reducir la OF y con bajos niveles de N aumenta con aumentos en la OF. En verano puede explicarse ya que en altos niveles de N la reducción de la OF determina un aumento en la TC explicado por la reducción del sombreado de los horizontes inferiores del perfil que lleva a una mayor densidad de macollos (Boggiano et al., 1999) esto significa un potencial de producción de hojas mayor. También la reducción del sombreado reduce la senescencia de la hojas aumentando el tiempo de vida de estas, contribuyendo a contener un IAF mayor y por lo tanto un aumento en la TC. En bajos niveles de N la TC aumenta al aumentar la OF ya que mantiene un IAF mayor y mayor acumulación de MS. Esta respuesta complementaria entre la OF y el N en la primavera se puede explicar por el alargamiento de los entrenudos de los

macollos de las especies templadas y estivales inducidas a florecer, determinando una arquitectura más erecta de la pastura que resulta de una distribución menos densa de la masa de hojas del perfil. Esto lleva a una mayor penetración de la radiación a través del perfil que permite mantener un área foliar (AF) mayor sin aumentar el sombreado y por lo tanto mantener una tasa líquida creciente con aumento de la OF y del N. Estas diferencias entre estaciones pueden estar reflejando el efecto de la reducción del N en el suelo, consecuencia del tiempo transcurrido desde la última aplicación de N (mediados de verano). Por otro lado el N retenido en los estolones queda secuestrado hasta que se restablezcan las condiciones ambientales de la estación de crecimiento (Sugimoto et al., 1985), y el pool de N disponible de la masa aérea de la pastura sería mayor con mayor OF. Como el N de la parte aérea está más rápidamente disponible que el de los órganos de reserva, la respuesta a OF mayores puede ser también una respuesta de mayor disponibilidad de N.

Respecto a las estaciones de mayor crecimiento Lemaire (1997) explica que una vez que el máximo de tejido foliar es alcanzado la tasa de senescencia es mayor sobre altos niveles de N (Mazzanti y Lemaire, 1994a). Por esto después de la aplicación de fertilizante la cantidad de tejido perdido por senescencia será mucho mayor que si la pastura no es fertilizada. Esto pasará si la pastura fertilizada no es defoliada activamente en un periodo de tiempo menor a lo que demora la comunidad de especies en expandir sus hojas. Si el uso de fertilizantes no viene acompañado de un régimen controlado de defoliaciones se podrán obtener efectos adversos en la productividad animal como consecuencia del exceso de material muerto acumulado.

Gastal y Lemaire (2002) indican que el sombreado de las hojas induce a la removilización del N de las hojas más viejas a las más nuevas.

Boggiano et al. (2004a), Zanoniani (2009) estudiando la producción invernal de un campo natural detectaron dos tipos de respuesta. A bajas dosis de N, la producción aumenta conforme aumenta la OF explicado en base a que, en una ambiente pobre del nutriente, la remoción más lenta de los tejidos favorecerá a plantas cespitosas, sobre todo gramíneas. Sin embargo, la tendencia cambia cuando altas cantidades de N son aplicadas ya que la producción aumenta al disminuir la OF; en este caso el N acelera el crecimiento de las plantas y por lo tanto remociones más frecuentes impedirán sombreado, y por lo tanto la temprana senescencia, acumulando más forraje verde. Se estimó la máxima producción de la estación en 1650 kg/ha de MS cuando el N agregado es de 274 kg/ha y la OF de 4%. Similar tendencia mostró el forraje desaparecido durante el invierno, evidenciando también efectos compensatorios. A dosis bajas de N el forraje desaparecido aumentó al aumentar la OF, podría ser consecuencia de remanentes más altos (por menor remoción del área foliar y de los pseudotallos), y por lo tanto mejoran tanto la cosecha de forraje verde por parte del animal, como la capacidad de crecimiento de la pastura, al disponer de mayores proporciones de láminas para el rebrote. Sin embargo, el aumento en la intensidad de pastoreo por menor OF, determinó menores remanentes que limitaron el crecimiento de forraje en los siguientes pastoreos, reduciendo la cantidad de forraje disponible posterior. Este efecto fue mayor cuanto menor es la cantidad de N agregado. Al evaluar el efecto en la carga se constató que el aumento rápido de carga se da al disminuir la OF y aumentar la dosis de N.

Según Risso et al. (1998), trabajando con cargas de 0,9; 1,2 y 1,5, verificaron que pasturas nativas sobre Basalto medio fueron fertilizadas con 100 kg/ha de N, con lo que la producción animal paso de 120 kg/ha de PV a más de 200 kg/ha, en una media de tres años. La eficiencia media anual del uso del N fue de 0,8 kg de PV/kg de N agregado. Para producción de carne por hectárea no se encontraron diferencias entre tratamientos, con aumentos

de la carga la ganancia por animal disminuye de 0,450 kg/animal/día a 0,300 kg/animal/día. Vale destacar que el único tratamiento donde los animales llegaron al grado de terminación exigido por el mercado fue el de menor carga animal. Concluyendo la fertilización permite un aumento en la producción de carne por hectárea, consecuencia del aumento en la carga, por lo que se llega a que la ganancia de PV/ha es dependiente de la OF.

Boggiano (2000a), llegó a que la carga media diaria (CMD) aumenta rápidamente con reducciones de OF y aumentos de N, siendo más sensible a cambios en la OF. A altas OF la CMD es poco sensible a las variaciones en los niveles de N, pero a bajas OF se verificó un aumento aproximado de 500 kg/ha/día de PV. La CMD decrece al aumentar la OF. A una misma OF la carga aumenta debido a un aumento en la producción de la pastura, de la misma forma que se observa un aumento de la carga con aumentos en los niveles de N a una OF constante (Mott et al., 1970).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC), Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Se encuentra en el Km 363 de la ruta General Artigas número 3, departamento de Paysandú Uruguay (32°23'58" latitud Sur y 58°02'42" longitud Oeste, con una altitud de 61 metros n.m.). La zona presenta un clima tipo Cfa, según clasificación de Köppen, citado por McKnight y Hess (2004), templado a subtropical con una precipitación media anual de 1170 mm, distribuidas a razón de 30% en verano, 20% en otoño, 18% en invierno y 24% en primavera. Las temperaturas medias anuales varían entre 16°C en el sureste a 19°C en el norte. En el mes más cálido (enero) las temperaturas varían entre 22°C y 27°C mientras que en el mes más frío (julio) la variación es entre 11°C y 14°C respectivamente en cada región (Berretta et al., 1998).

3.2. SUELOS DEL SITIO EXPERIMENTAL

Los suelos del área experimental pertenecen a la unidad de suelos San Manuel. Conforme a la clasificación de Suelos del Uruguay pueden ser caracterizados como Brunosoles eútricos típicos, encontrándose Solonetz como suelos asociados (Altamirano et al., 1976) desarrollados sobre la formación Fray Bentos según la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay escala 1:1.000.000 (Bossi et al., 1975) El relieve es de pendientes moderadas y lomadas suaves (Durán, 1985).

Datos del análisis de suelo realizados en otoño de 2002 indicaron un pH: 5,8; M.O.: 5,2 %; P: 4,5 ppm y 3,5 ppm de nitratos.

3.3. DESCRIPCIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL

Según Zanoniani (2009) el área está destinada a la cría, manteniéndose como "campo virgen", según sugiere la aparición de varias

especies indicadoras que así lo caracterizan: *Bromus auleticus*, *Dorstenia brasiliensis* y *Geranium albicans* (Rosengurtt, 1979). Presenta una vegetación característica de monte de parque de *Acacia caven* (Espinillo), *Prosopis affine* (Ñandubai) y arbustivas como *Baccharis punctulata* y *Eupatorium buniifolium* como especies dominantes del estrato medio.

Conjuntamente con estos arbustos, aparece un tapiz herbáceo dominado por gramíneas cespitosas de variable valor pastoril. El tapiz herbáceo es dominado por gramíneas perennes de ciclo estival tomando por su participación como ejemplo: *Botriochloa laguroides*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum*, *Setaria vaginata*; con una alta participación de invernales como *Briza subaristata*, *Bromus auleticus*, *Bromus catharticus*, *Piptochaetium stipoides*, *Stipa hyalina*, *S. megapotamica*, *S. setigera*.

Los datos de las precipitaciones y temperatura fueron obtenidos a partir de la estación meteorológica de la EEMAC y se presentan en los Apéndice 19 y 20.

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se estudió el efecto de la oferta de forraje (OF) y de la fertilización nitrogenada (N) sobre la producción y utilización de la biomasa aérea en las distintas estaciones y los distintos años. El período de evaluación corresponde desde agosto de 2001 hasta abril de 2005 completando casi cuatro años.

Para llevar adelante este estudio se aplicaron cinco intensidades de pastoreo medidas como OF y cinco niveles de N, que se describen a continuación:

- a) OF: 4,0; 5,5; 9,0; 12,5 y 14,0 kg MS/ 100 kg de PVA/día.
- b) N: 0; 44; 150; 256; 300 kg por ha de nitrógeno.

El nivel 0 de N corresponde al testigo. Los niveles restantes, fueron fertilizados realizando cuatro aplicaciones distribuidas en las estaciones de otoño e invierno.

Con el objetivo de reducir la cantidad de tratamientos resultantes del arreglo factorial, se adoptó un diseño en bloques incompletos de sólo 9 tratamientos. El modelo utilizado fue central compuesto propuesto por Box y Wilson (1951) con precisión uniforme, rotacional con los tratamientos distribuidos en 2 bloques ortogonales. El número de tratamientos está dado por la ecuación: $2^k + 2k + 1$, donde k es el número de los factores en estudio. En este experimento $k= 2$, por lo que la ecuación quedaría de la siguiente manera:

$$2^2 + 2 \times 2 + 1 = 9 \text{ tratamientos.}$$

En este delineamiento experimental tenemos 3 grupos de tratamientos:

$$2^k = \text{tratamientos factoriales}$$

$$2k = \text{tratamiento axiales}$$

$$1 = \text{tratamiento central}$$

El tratamiento central OF= 9,0 % (oferta de forraje de 9,0 kg MS/100 kg peso vivo animal) y N=150 kg/ha fue repetido 6 veces, para permitir las estimativas de error experimental y satisfacer la condición de precisión uniforme (cinco puntos centrales) y ortogonalidad de los bloques. La precisión uniforme significa que la variación de respuesta estimada \hat{Y} en el origen es igual a la varianza de \hat{Y} a una distancia unitaria del origen (Riboldi y Nascimento, 1994).

Por otro lado, para que el delineamiento central compuesto sea rotacional, depende de cómo se tome α , lo cual es función del número de

puntos en la parte factorial del delineamiento, esto es, $\alpha = (F)^{1/4}$, siendo F el número de puntos en la parte factorial (2^k). Como en este experimento $F= 4$ (2×2 ; $k=2$), entonces $\alpha = \pm 1,414$. Esta condición permite que la respuesta sea estimada con la misma precisión para puntos que están a una misma distancia del centro de delineamiento.

Una vez definido el valor de $\alpha = \pm 1,414$ y con los niveles extremos de factores, se definen los niveles correspondientes para α con la ecuación $\epsilon = (\chi - c) / \Delta_i$, siendo ϵ el valor codificado del nivel χ del factor, χ el nivel del factor, c el nivel del factor del punto central y Δ_i el intervalo de valores entre c y χ . Para nuestro trabajo tomamos $\epsilon = \alpha = \pm 1,414$ y determinamos el intervalo Δ_i . Con Δ_i se calcula el nivel del factor que corresponde a α .

Como ejemplo para el factor OF:

$$-1,414 = (4-9)/\Delta_i \rightarrow \Delta_i = 3,5$$

Así los niveles de OF de los puntos del factorial son:

$$9-3,5=5,5$$

$$9+3,5=12,5$$

Las combinaciones de tratamientos son dadas conforme Cochran y Cox (1957), para el delineamiento central compuesto rotacional con dos factores y cinco niveles de cada factor. A continuación (Figura 1) se muestra de forma más visual la combinación de los 2 factores que dan resultado los tratamientos del experimento.

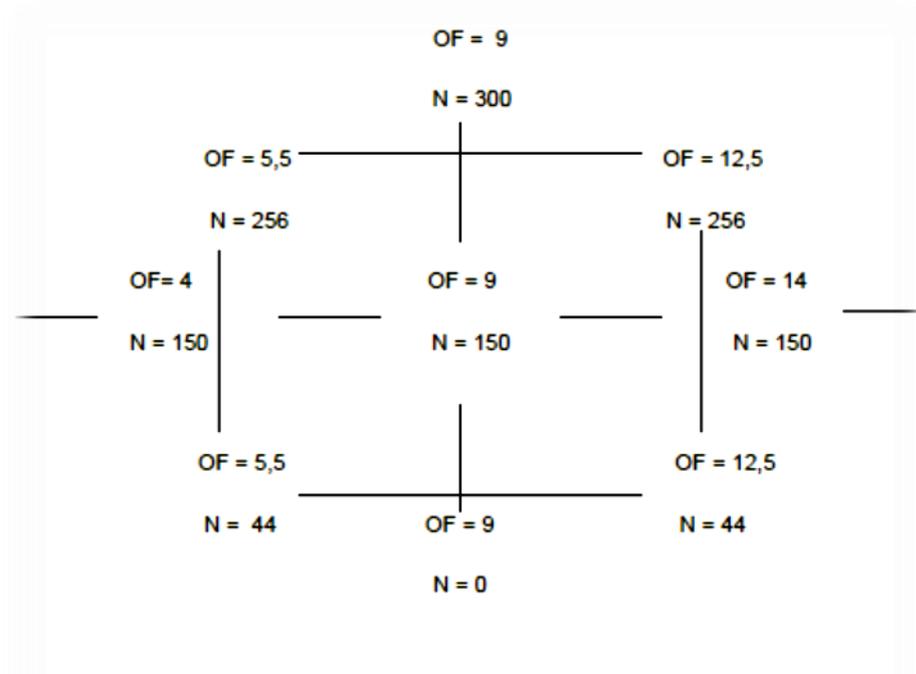


Figura 1. Configuración geométrica del delineamiento central compuesto utilizado en el experimento.

Para realizar el bloqueo se caracterizó al inicio del experimento la composición botánica mediante el estudio fitosociológico a través del método de punto-cuadrado (Daget y Poissonet, 1971). El análisis estadístico se realizó mediante taxonomía numérica: el coeficiente de asociación de Jaccard, con aplicación de análisis de clúster para agrupar pasturas con mayor similitud taxonómica. Mediante este análisis se agruparon las parcelas en dos bloques diferenciados por su proporción de *Bromus auleticus* y *Stipa setigera*, en más y menos del 35 %. Los tratamientos resultantes de la combinación de los niveles de factores y su distribución en los bloques son representados en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Bloques (B), oferta de forraje (OF) en kg MS/100 kg PV), niveles de nitrógeno (N) en kg/ha de N, tratamiento factorial (F), axial (A), central (C), coeficientes de los niveles de factores y área de los potreros en m².

B*	OF**	N***	Tratamiento	Coeficientes		Á****
				PP	N	
1	5,5	256	F	-1	1	1607
1	9,0	150	C	0	0	1125
2	9,0	300	A	0	1,414	1125
1	9,0	150	C	0	0	1129
1	12,5	44	F	1	-1	1120
2	4,0	150	A	-1,414	0	1038
2	9,0	150	C	0	0	1151
2	14,0	150	A	1,414	0	1212
1	9,0	150	C	0	0	1284
2	9,0	150	C	0	0	1427
2	9,0	150	C	0	0	1639
2	9,0	0	A	0	-1,414	1497
1	12,5	256	F	1	1	1477
1	5,5	44	F	-1	-1	2219

*B=Bloque; **OF=kg MS/100 kg PV; ***N= kg/ha; ****Á=Área= m².

Un aspecto fundamental del diseño es la determinación de los niveles extremos de cada factor que permiten expresar respuestas extremas, para esto Zanoniani (2009) considera situaciones normales que se podían encontrar a nivel de producción, pero evitando poner en riesgo la vida animal. En invierno es común encontrar situaciones de pastoreos de limitada OF cercanas a 2,0 kg MS/100 kg PV (2,0 % OF), si consideramos que la utilización promedio de la pastura varía desde 30 a 60 %, esto determina que el animal pueda cosechar entre 0,6 y 1,2% de peso vivo, por lo cual se estaría poniendo en riesgo su vida. De esta forma se situó el punto inferior en 4,0 % de OF, bajo el supuesto de que dada alguna limitante en la calidad del pasto ofrecido, la misma no podría determinar perjuicios de consideración al animal. El extremo superior se situó teniendo en cuenta que

la producción de forraje de estas pasturas en general triplica en primavera la de invierno, asignándose el valor de 14 % OF.

Como nivel mínimo de nitrógeno se consideró la situación normal de producción en la cual no se realiza fertilización. Para definir el nivel superior de N se consideró el trabajo de Bottaro y Zavala (1973) donde con un nivel de P de 40 unidades de P_2O_5 el máximo de producción primaveral se logra con niveles inferiores de 300 kg/ha de N, valor que permitiría expresar el potencial otoño-invernal de producción, dada la presencia de especies nativas de alto valor patrimonial desde el punto de vista del germoplasma nativo, como por ejemplo *Bromus auleticus*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum* y *Stipa setigera*.

Después de definir los tratamientos, fue estimada el área de los potreros tal que mantuvieran por lo menos 300 kg PV/día, durante al menos 3 días de pastoreo. Con la producción de las pasturas naturales de la zona, el consumo de cinco animales durante al menos tres días y la probable utilización, se llegó a tamaños de potreros que variaban desde 1038 hasta 2219 m² y el área total fue de 2,13 ha (Figura 2).



Figura 2. Croquis del experimento.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El proceso de análisis de los datos se inició con el estudio de la distribución normal de los residuos según el test Shapiro-Wilks (SAS, 1996). Todas las variables estudiadas satisfacen la condición de normalidad. Para analizar los efectos de ambos factores sobre cada variable se utilizó análisis de varianza.

Para estimar las respuestas de cada variable a la fertilización y la OF se utilizó la superficie de respuesta (Myers, 1971), ajustando la ecuación de regresión polinomial cuadrática:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1N + b_2OF + b_{11}N^2 + b_{22}OF^2 + b_{12}OF*N + b_3B$$

donde:

\hat{Y} = estimador de respuesta de cada variable

OF= oferta de forraje

N= nitrógeno

b_0 = constante

$b_{1,2}$ = coeficiente de regresión lineal

$b_{11,22}$ =coeficiente de regresión cuadrática

b_{12} =coeficiente de regresión de interacción lineal de los dos factores

b_3 = coeficiente de los bloques

B= bloques

3.6. MANEJO DEL EXPERIMENTO

El periodo evaluado en esta tesis comenzó el 21 de agosto de 2001 y culminó el 6 de abril de 2005. Las dosis de N fueron aplicadas en forma de urea. Se corrigieron los niveles de fósforo en el suelo mediante aplicaciones anuales, de 40 unidades de P_2O_5 por hectárea en una única aplicación en otoño, con el objetivo de alcanzar 10 ppm en el suelo. Las aplicaciones de N se realizaron en otoño-invierno y las mismas fueron al voleo en cobertura, por la mañana o a última hora de la tarde procurando evitar las horas de mayor temperatura, con el fin de reducir las pérdidas de nitrógeno por volatilización.

Los ciclos de pastoreo fueron en promedio para primavera-verano de 40 días con períodos de pastoreo de 5 días y períodos de descanso de 35 días; para otoño-invierno el ciclo de pastoreo fue de 50 días con períodos de pastoreo de 5 días y períodos de descanso de 45 días. Para obtener las OF objetivo se adecuó en base al forraje disponible los kilogramos de peso vivo por parcela, ajustando el número de animales, el peso de estos y los días de pastoreo por parcela. Los animales utilizados fueron novillos o vacas.

3.7. MEDICIONES REALIZADAS

3.7.1. Definición de las estaciones

Las mediciones realizadas fueron estacionales. Es necesario definir qué meses corresponden a cada estación a modo de ser precisos:

- Verano: diciembre, enero y febrero.
- Otoño: marzo, abril y mayo.
- Invierno: junio, julio, agosto.
- Primavera: setiembre, octubre y noviembre.

3.7.2. Forraje remanente, producido, disponible y desaparecido

Durante el período de estudio previo y posterior a la entrada de los animales, se realizaron las determinaciones de forraje presente pre-pastoreo y remanente pos-pastoreo por parcela. El forraje presente antes y después del pastoreo se determinó mediante doble muestreo, utilizando un disco calibrado (Cayley y Bird 1991, Frame 1993), de 0,40 m de diámetro y que ejercía una presión de 11kg/m². Para ello se ajustó la relación funcional entre altura del disco con la biomasa aérea debajo del mismo en cada uno de los tratamientos, cortándose 20 muestras para ajustar al disponible y 20 muestras para ajustar al remanente. Las muestras se secaron en estufa durante 48 horas a 60°C.

En cada potrero se obtuvo la altura promedio realizando 30 lecturas de altura del disco antes y después de cada pastoreo, distribuidas en forma sistemática en el área.

Con los datos obtenidos luego del proceso de secado se procedió al ajuste de una ecuación de regresión, entre la altura en cm del disco y la cantidad de forraje presente en kg/ha de MS. Con la función obtenida se procedió al cálculo de la disponibilidad de forraje por hectárea, sustituyendo los promedios de altura de cada parcela en la ecuación de regresión. El mismo procedimiento se llevó a cabo para la estimación del forraje remanente (FR).

El crecimiento de la pastura se determinó como la diferencia entre el forraje disponible actual (FD.ac); (ajustado por días de pastoreo) y el forraje remanente del pastoreo anterior (FR.an); (FD.ac. – FR. an). La suma de los crecimientos corresponde a la producción de forraje (FP) y éste dividido por el número de días de la estación determina la TC promedio diario. La diferencia entre el forraje desaparecido (disponible actual ajustado por días de ocupación de los animales menos remanente actual) dividido el FD permitió calcular el porcentaje de forraje desaparecido [(FD ac- FR ac) / FD

ac]. Finalmente la suma de forraje desaparecido por pastoreo permitió calcular el forraje desaparecido total (FDes).

3.7.3. Estacionalidad de la producción

Se calculó la proporción de la producción de forraje de cada estación que aportaba al total anual. El forraje producido estacional (FPest kg/ha) dividido el forraje producido anualmente (FPaño kg/ha) de cada tratamiento multiplicado por 100 permitió calcular el porcentaje de forraje producido en cada estación respecto a la total anual ($FPest \text{ kg/ha} / FPaño \text{ kg/ha} \times 100$).

3.7.4. Carga en kg PV/ha y UG

La suma de los pesos vivos animales ponderadas por el ciclo de pastoreo (ocupación más descanso), permitió calcular la carga en kg/ha de PV para cada tratamiento. También se calculó la carga en unidades ganaderas (UG) ya que es una medida muy utilizada en el país para referirse a la carga. Una UG corresponde a una vaca de 380 kg en mantenimiento (Crempien, 2008). Se calculó la carga en UG dividiendo la carga en kg/PV/ha por 380 kg.

3.7.5. Forraje desaparecido en % de peso vivo

El forraje desaparecido diario (FDesd) dividido por los kg PV de cada tratamiento multiplicado por 100, permitió calcular el forraje desaparecido como porcentaje del PV ($kgFDesd/kgPV \times 100$).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANUAL

4.1.1. Forraje producido (kg/ha)

El forraje producido (FP) para el promedio de los años ajusta significativamente al modelo de superficie de respuesta $y = 7435 + 46 N + 96 OF - 0,08 N^2 - 2,25 OF*N + 22 OF^2$, ($R^2 = 0,79$; $\alpha = 0,035$); constatando efectos lineales y cuadráticos significativos para N y para la interacción N*OF (Apéndice 3).

En cuanto al efecto medio de la OF y el N, es significativo para ambos factores. Se puede estimar dentro de la respuesta lineal, que el aumento en la producción de forraje por cada kg/ha de N agregado es de 46 kg/ha de MS. Esto concuerda con lo expresado por Martha Junior et al. (2004) que al analizar 382 trabajos concluyó que la EUN media fue de 26 kg MS/kg N aplicado, llegando a valores máximos de 83 kg MS/kg de N, al aplicar dosis cercanas a 150 kg/ha/año de N. A diferencia de los autores anteriores, Bottaro y Zavala (1973) obtuvieron valores de EUN mucho menores, cercanos a 0,46 kg/ha de MS por unidad de N aplicada.

El punto estacionario con coordenadas $N = 191$ kg/ha y $OF=7,6\%$ presenta una respuesta estimada de 12201 kg/ha de MS.

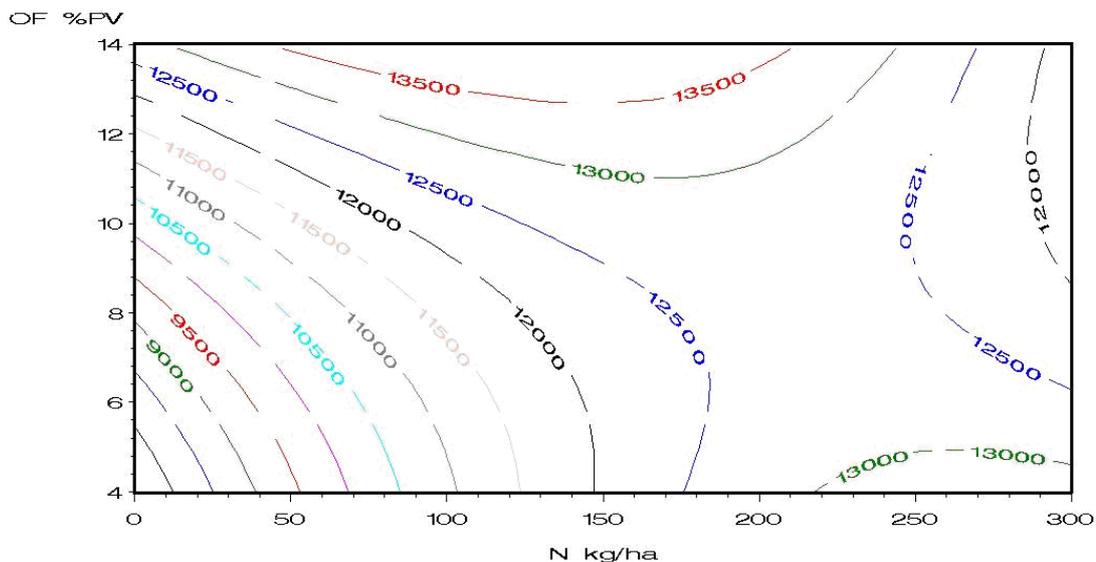


Figura 3. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FP en kg/ha para el promedio de los años.

Las raíces de la ecuación de regresión de la forma canónica son $\lambda_1 = 833,50$ y $\lambda_2 = -1986,32$ indicando que la respuesta en el punto estacionario (PE) es una silla; con mínimo para N y máximo para OF, presentando mayores variaciones en producción frente a variaciones de la OF más que al N, ya que el valor absoluto de λ_2 es mayor al valor absoluto de λ_1 , confirmando lo expresado anteriormente.

En la Figura 3 se observa que, cuando ambos factores son bajos, el FP aumenta disminuyendo la intensidad de pastoreo o sea aumentando la OF, coincidiendo con lo dicho por Mella (1980) cuando dice que existe una tendencia a obtener un mayor FP con mayores residuos de pasturas (menores presiones de pastoreo). A niveles bajos también responde sensiblemente a agregados de N, sin embargo con altos niveles de N incrementos en la OF determinan reducciones de la producción. La reducción observada en la producción al aumentar la OF, puede deberse según Nabinger (1998), a que con altas OF el tejido remanente luego del

pastoreo presenta mayor proporción de tejido viejo de menor eficiencia fotosintética. Además el tejido joven al formarse en condiciones de baja luminosidad presenta baja eficiencia fotosintética aún en óptimas condiciones de luz. Según Parsons, citados por Nabinger (1998), con altas OF la tasa de senescencia aumenta, hasta un punto en el que puede igualarse a la tasa de crecimiento, haciendo que la producción neta sea nula o disminuya.

En niveles altos de N la producción deja de tener una respuesta tan definida, demostrando así la interacción OF*N significativa que surge del análisis estadístico.

4.1.2. Forraje disponible (kg/ha)

El forraje disponible para el promedio de los años ajusta significativamente al modelo de superficie de respuesta $y = 1012 + 6,4 N + 82,9OF - 0,01 N^2 - 0,2 OF*N + 1,6 OF^2$, ($R^2 = 0,89$; $\alpha = 0,004$), así como también en los tres años estudiados (Apéndice 5).

Se detectaron efectos lineales y cuadráticos del N significativos en el año promedio y los años estudiados, con una tendencia ($p < 0,1$) para la interacción OF*N en el segundo año de iniciado el experimento (Apéndice 5). La respuesta lineal del N muestra un incremento del FD que varió en torno a 6 kg/ha de MS por cada kg/ha de N aplicado.

Si bien los coeficientes del efecto de la OF no fueron significativos, el efecto medio de ésta sí es significativo ($p = 0,002$), indicando que existe efecto de la OF, pero no fue cuantificable.

El PE es de 1825 kg/ha de MS que se da cuando el N es 305 kg/ha y la OF es -3,9%, estando ambos factores fuera del rango estudiado.

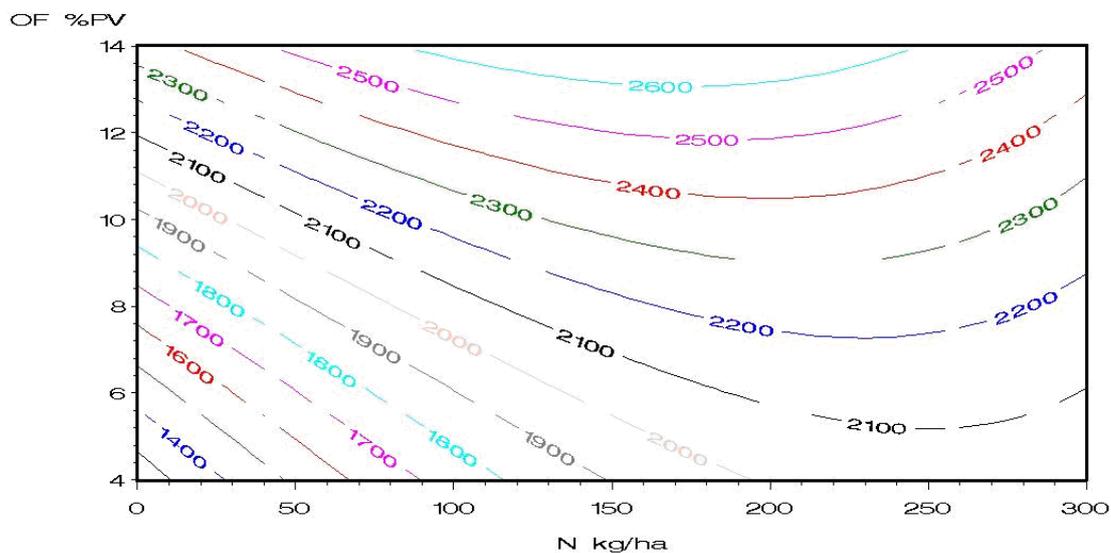


Figura 4. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FD en kg/ha para el promedio de los años.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 61,98$ y $\lambda_2 = -291,73$ indicando que la respuesta en el PE es una silla o mini-máx., con un mínimo para N y un máximo para OF, siendo mayores las variaciones en FD al variar la OF que al variar el N.

Como se puede ver en la Figura 4, en la superficie obtenida dentro del rango estudiado no pudo registrarse la combinación de factores que optimizan la disponibilidad de forraje.

A una OF fija las menores disponibilidades de forraje se dan a dosis nulas o mínimas de N. En condiciones de déficit severo de N, Colabeelli et al. (1998) afirman que el número de hojas puede decaer por un incremento en la tasa de senescencia foliar, debido a que el N se transloca a partes de mayor prioridad. Según Gastal y Lemaire (2002) el sombreado de las hojas induce a la movilización del N de las hojas más viejas a las más nuevas.

A bajos niveles de los factores la respuesta en disponible es muy sensible a cambios de estos. Sin embargo a altos niveles de N, esta tendencia se desacelera al incrementar la OF. Esto puede deberse a que el agregado de altas dosis de N provoca aumentos en las tasas del crecimiento vegetal, pero al no tener activa remoción de tejidos (altos niveles de OF) se acumula forraje, provocando sombreado y por lo tanto senescencia de los tejidos (Lemaire, 1997). Según Boggiano (2000a) esto es consecuencia de las altas densidades de macollos y del aumento de la tasa de extensión foliar, que llevan a una rápida superposición y sombreado de las hojas. Chapman y Lemaire (1993) explican que al llegar al IAF óptimo la tasa de acumulación de forraje comienza a declinar ya que las hojas viejas senescen a una tasa aproximadamente igual a la tasa de aparición de hojas, de la misma manera que el número de hojas presentes por tallo se torna constante a partir del momento que comienza la senescencia, con una creciente acumulación de material muerto.

La cantidad de FD al momento de un pastoreo se compone de parte del remanente del pastoreo anterior más lo producido durante el período de descanso. Como se detalló anteriormente, el FP responde al N (ver punto 4.1.1) y el FR tiene una respuesta mucho menor a este (ver punto 4.1.3). Por lo tanto, se puede llegar a decir que a aumentos en el agregado de N, el aumento del FD al momento de iniciar un nuevo pastoreo está compuesto en mayor medida por el FP que por el FR, comparándolos a una OF fija.

4.1.3. Forraje remanente (kg/ha)

El forraje remanente para el promedio de los años se ajusta al modelo de superficie de respuesta $y = 569 + 0,81 N + 37 OF - 1 \times 10^{-3} N^2 + 0,04 OF \cdot N + 0,84 OF^2$, ($R^2 = 0,94$; $\alpha < 0,001$) (Apéndice 1).

No fueron significativos ninguno de los coeficiente de OF y de N, sin embargo el efecto medio de la OF, a diferencia del N, si es significativo tanto en el año promedio como para los 3 años de estudio. Por esto, puede

concluirse que el FR fue afectada por la OF, sin embargo no se pudo cuantificar su efecto.

El PE es 162 kg/ha de FR que se da cuando el N agregado es -4,9 kg/ha y la OF es -22%, estando por fuera del rango de estudio.

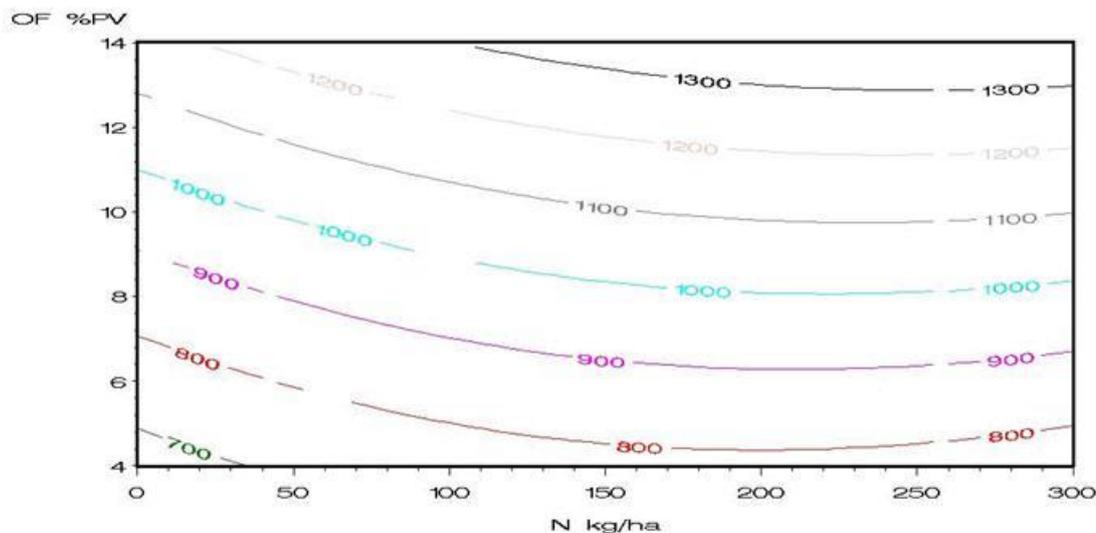


Figura 5: Efecto de la oferta de forraje (OF%PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FR en kg/ha para el promedio de los años.

Las raíces características de la ecuación de regresión de la forma canónica son $\lambda_1 = 23,30$ y $\lambda_2 = -72,14$, indicando que la respuesta en el PE es una silla, o sea con un mínimo para N y un máximo para OF. Los cambios en la variable de respuesta son más sensibles a la OF.

En la Figura 5 se puede ver como el N presenta un reducido efecto en el FR, mientras que aumentos en la OF incrementan rápidamente el FR, concordando con los resultados obtenidos por Boggiano (2000a), esto se debe a que la OF determina la intensidad de pastoreo, determinando la cantidad de forraje que va a ser retirada y por lo tanto, lo que se mantiene en la pastura luego del pastoreo.

4.1.4. Forraje desaparecido en (kg/ha)

El forraje desaparecido para el promedio de los años se ajusta significativamente al modelo de superficie de respuesta $y = 444 + 5,58 N + 45,6OF - 9 \times 10^{-3} N^2 - 0,27 OF \cdot N + 0,74 OF^2$, ($R^2 = 0,83$; $\alpha = 0,018$) (Apéndice 7).

Se detectaron efectos significativos lineales y cuadráticos para el N y de la interacción OF*N al igual que fueron significativos los efectos medios de los factores.

Se encontró un PE de 1185 kg/ha de MS cuando el N agregado es 208 kg/ha y la OF es 7,1%.

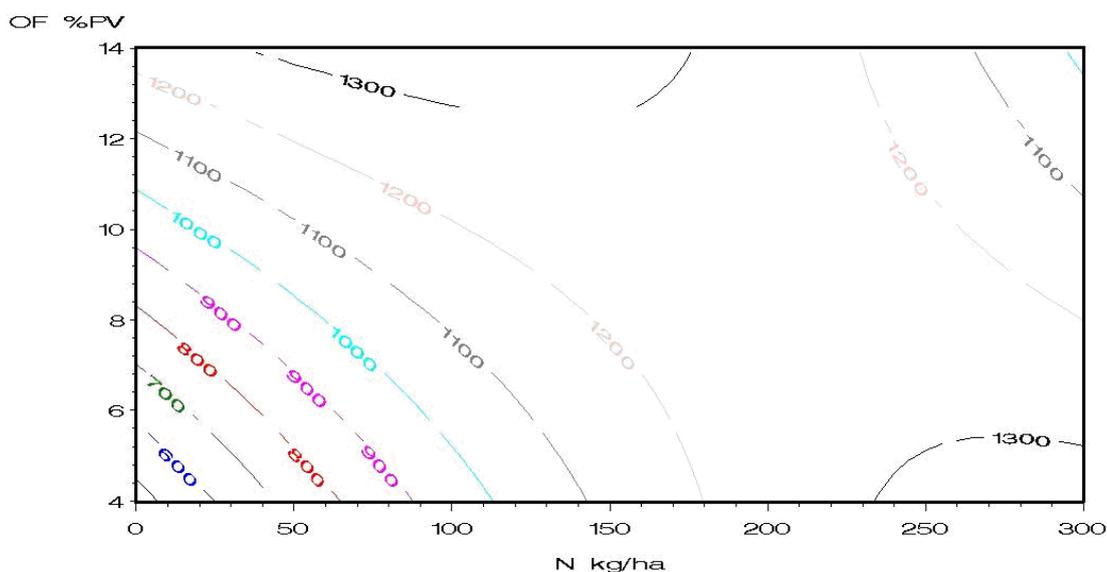


Figura 6. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FDes en kg/ha para el promedio de los años.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 58,28$ y $\lambda_2 = -238,53$ indicando que la respuesta en el PE

es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas de la variable al último factor mencionado.

Como puede verse en la Figura 6, sin agregado de N la manera de aumentar el forraje desaparecido es aumentando la OF. Esto refleja que a bajas OF y sin agregado del nutriente el FD disminuya el consumo, estando lejos de la máxima producción posible con los factores estudiados como no limitantes. Otra forma de aumentar el FDes es aumentando el N, cuando las OF son bajas y medias, ya que aumentaría el FP, componente que más explica el FD en el año promedio. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Boggiano (2000a) donde a OF constantes, aumentos en la producción se asocian con aumentos del FDes.

Todas estas tendencias cambian con altos niveles de N, ya que al aumentar el FD el consumo animal no se ve afectado, y por lo tanto el FDes no cambia significativamente al variar la OF. Esto pone de manifiesto la interacción entre ambos factores para esta variable. Este comportamiento es similar a la respuesta obtenida por parte del FP, mostrando la influencia que tiene ésta sobre el FDes.

4.1.5. Forraje desaparecido en (%) del FD

El forraje desaparecido en % para el promedio de los años ajusta al modelo de superficie de respuesta $y = 53 + 0,07 N - 1,2OF - 1 \times 10^{-3} N^2 - 0,01 OF * N + 0,06 OF^2$. El coeficiente de regresión es alto ($R^2 = 0,94$; $\alpha < 0,001$), lo que indica que las variaciones del FDes en % son explicadas en mayor parte por la variación en los factores estudiados (Apéndice 9).

Se observaron efectos lineales y cuadráticos para N y OF, así como también de interacción N*OF. Los efectos medios del N y de la OF fueron significativos.

Se encontró un PE de 47,6% del FDes en % cuando el N es 42 kg/ha y la OF es 12%.

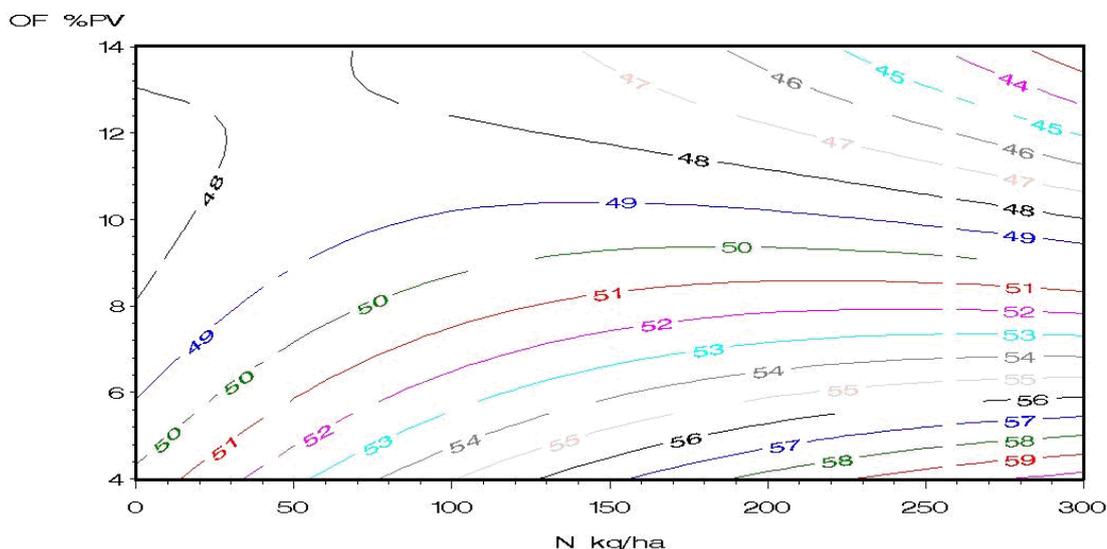


Figura 7. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FDes en % para el promedio de los años.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 2,53$ y $\lambda_2 = -2,51$ indicando que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas de la variable a cambios en los niveles de N.

Se puede apreciar la interacción encontrada analizando las distintas tendencias. A bajas OF el agregado de N aumenta el FDes en % dado por mayores incrementos en el FDes total que en el FD. Posiblemente a bajas OF la estructura de la pastura es tal que el FD no estuviese tan accesible, pudiendo restringir el consumo animal. Según Mazzantti y Lemaire (1994a) las pasturas que son mantenidas a igual IAF, niveles crecientes de N incrementan la utilización por aumento de la producción de forraje y de la carga animal necesaria para consumirla.

Con altas OF el agregado de N disminuye el FDes en %, pudiéndose explicar porque en altas OF al agregar dosis bajas y medias de N, ocurre mayor selección por parte del animal, desapareciendo la misma cantidad de forraje pero con mayor FP.

Con altas OF y altos niveles de N, el FDes en % continúa disminuyendo. Se puede ver como la respuesta en estos niveles copia la respuesta tanto del FP como del FDes, disminuyendo. Con respecto a esto, Lemaire (1997) afirma que si la pastura fertilizada no es defoliada activamente en un periodo de tiempo menor a lo que demora el promedio de la comunidad de especies en expandir sus hojas, la cantidad de tejido perdido por senescencia será mucho mayor que si la pastura no es fertilizada. Por lo tanto, si el uso de fertilizantes no viene acompañado de un régimen controlado de defoliaciones se podrán obtener efectos adversos en la productividad animal como consecuencia del exceso de material muerto acumulado. Consecuentemente, altas fertilizaciones y altas OF generan sombreado y por lo tanto senescencia, haciendo así que la tasa de crecimiento disminuya, y por lo tanto la producción. Además, al aumentar el material senescente provoca una disminución en el FDes total debido al rechazo del animal al material muerto. Menor producción y más rechazo hacen que disminuya el FDes en %.

4.1.6. Carga animal (kg/ha de PV)

Para el promedio de los años la carga en kg/ha de PV se ajusta al modelo de superficie de respuesta y $=1355 + 2,27 N - 155,81 OF - 3 \times 10^{-3} N^2 - 0,11 OF*N + 6,6 OF^2$ ($R^2 = 0,98$; $\alpha < 0,001$) (Apéndice 12).

Fuero significativos los efectos lineales y cuadráticos de N y OF así como la interacción OF*N.

El PE para el promedio de los años es de 492 kg/ha de PV cuando el N es 128 kg/ha y la OF es 13%.

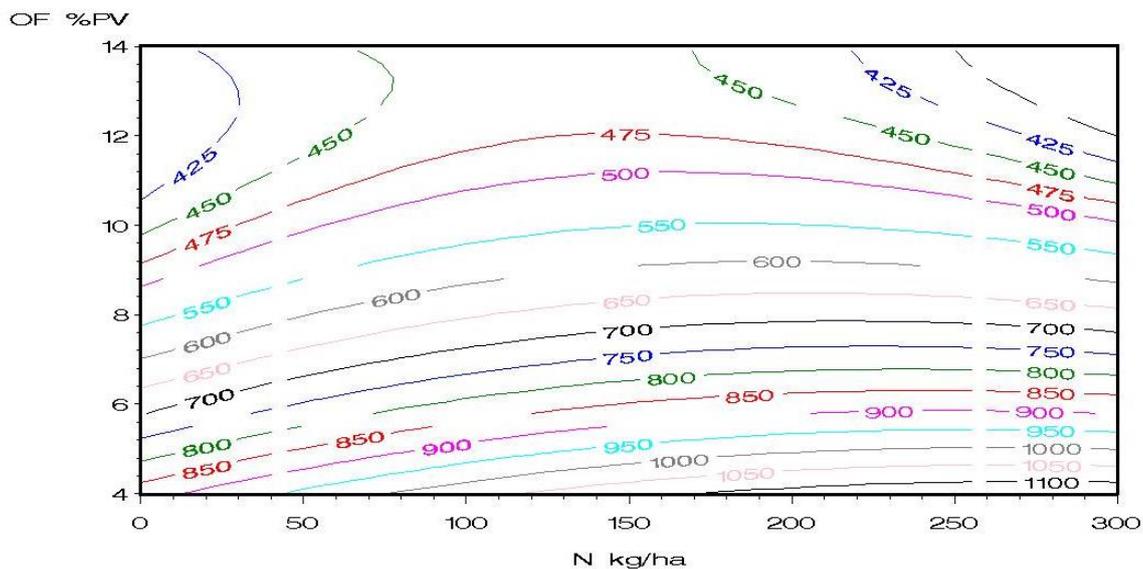


Figura 8. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre la carga animal en kg/ha de PV para el promedio de los años.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 170,54$ y $\lambda_2 = -82,48$ indicando que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas de la variable al N.

Como se puede apreciar en la Figura 8, la carga aumenta rápidamente con reducciones en la OF y aumentos de N, siendo mucho más sensibles a cambios en la OF. Esto coincide con lo expresado por Maraschin y Mott (1989) que detectaron una reducción lineal de la capacidad de carga de la pastura con el aumento de la OF, determinando así la estrecha relación entre OF y carga animal.

Las máximas cargas se dan con bajos niveles de OF y altos de N. Esta tendencia también fue reportada por Boggiano (2000a), afirmando esta vía como una forma rápida de aumentar la carga de la pastura. Esto puede explicarse porque al aumentar el N aumenta el FP y a su vez con bajas OF hay activa remoción de tejidos impidiendo la senescencia, lo que permite

continuar con altas producciones y por lo tanto una alta receptividad de la pastura.

Sin embargo esta tendencia cambia cuando la OF es alta, ya que al aumentar el N la carga disminuye. Con respecto a esto Lemaire (1997) afirma que si la pastura fertilizada no es defoliada activamente en un periodo de tiempo menor a lo que demora el promedio de la comunidad de especies en expandir sus hojas, la cantidad de tejido perdido por senescencia será mucho mayor que si la pastura no es fertilizada. Por lo tanto si el uso de fertilizantes no viene acompañado de una defoliación activa, se podrán obtener efectos adversos en la productividad animal como consecuencia del exceso de material muerto acumulado.

Comparando la carga (Figura 8) con el FDes (Figura 6) puede verse que la respuesta es similar. Esto puede deberse a que uno es directamente afectado por el otro, es decir, el FDes es directamente afectado por la carga animal.

4.1.7. Carga animal (UG/ha)

La carga animal para el promedio de los años se ajusta significativamente al modelo de superficie de respuesta $y = 3,58 + 6 \times 10^{-3} N - 0,41 OF - 9 \times 10^{-6} N^2 - 3 \times 10^{-4} OF \cdot N + 0,02 OF^2$, ($R^2 = 0,98$; $\alpha < 0,001$) (Apéndice 14).

Se encontraron efectos significativos lineales y cuadráticos de N y OF, y efectos significativos de productos cruzados N*OF. Los efectos medios de ambos factores fueron significativos.

Se encontró un PE de 1,29 UG/ha cuando el N es 129 kg/ha y la OF es 13%.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 0,45$ y $\lambda_2 = -0,21$ indicando que la respuesta en el PE es

una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas de la variable a N.

4.1.8. kg de forraje desaparecido / 100 kg de PV

Los kg de FDes / 100 kg de PV para el promedio de los años ajusta al modelo de superficie de respuesta $y = -0,13 + 3,5 \times 10^{-3} N + 0,26 OF - 3,3 \times 10^{-6} N^2 - 2,7 \times 10^{-4} OF \cdot N - 2 \times 10^{-3} OF^2$ ($R^2 = 0,97$; $\alpha < 0,001$) (Apéndice 16).

Se encontraron efectos significativos lineales de N, mientras que para la OF fueron únicamente significativos los efectos medios.

Se encontró un PE de 0,12% cuando el N es 1180 kg/ha y la OF es -15,7%, estando ambos valores fuera del rango de estudio.

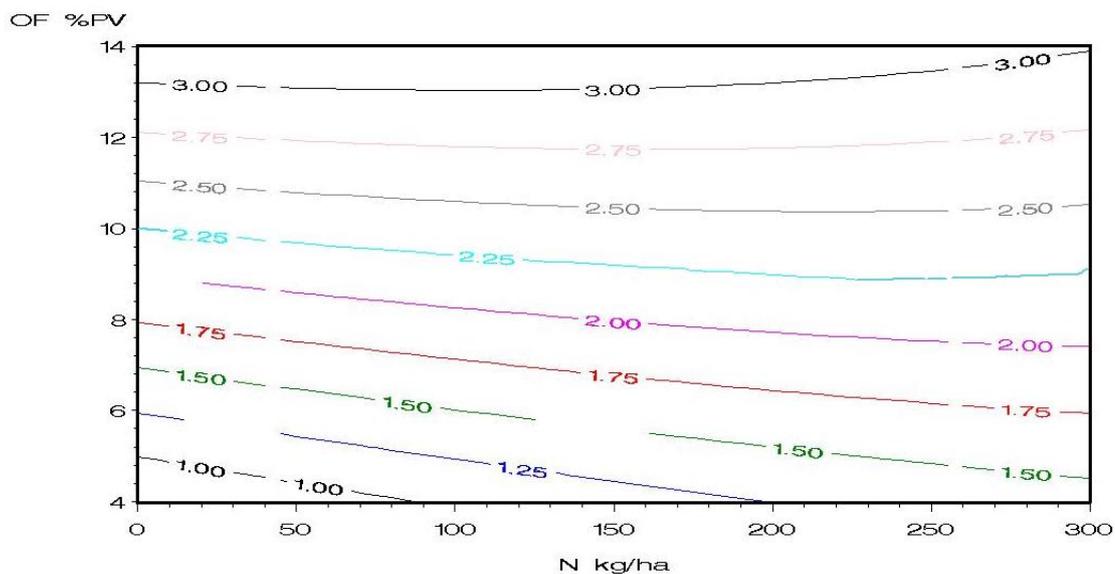


Figura 9. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FDes en kg de F / 100 kg de PV para el promedio de los años.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 0,04$ y $\lambda_2 = -0,17$ indican que la respuesta en el PE es una

silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas a la variación de la OF como se aprecia en la Figura 9.

Hay una clara tendencia a que el FDes en % de PV aumenta con aumentos en la OF, siendo muy poco sensible a cambios en el N. La OF opera directamente determinando la cantidad de forraje ofrecido por cada 100 kg de PV y al aumentar ésta, aumenta la posibilidad del consumo animal. Por otro lado el agregado de N promueve aumentos en la producción de la pastura incrementando el FD, enfrentando a los animales a mayor el FD que se asocian a estructuras de pastura más accesibles facilitando la cosecha del forraje. En consecuencia, determina incrementos del FDes por unida de PV. Puede apreciarse que a dosis bajas de N el FDes total aumenta con aumentos en la OF (Figura 6) ya que probablemente el consumo estaba limitado y al aumentar la OF también disminuye la carga quedando más FD por kg de PV.

Con agregados mayores de N la tendencia es la misma y la explicación se basa en que el FDes disminuye levemente al aumentar la OF (Figura 6) mientras que la disminución en la carga es mayor (Figura 8), por lo tanto se aprecia un incremento en el FDes/100 kg de PV.

Esta tendencia concuerda con lo expresado por Greenhalgh et al., Arnold y Dudzinski, citados por Hodgson et al. (1971) en que la ingesta de forraje por animal disminuye al disminuir la OF, es decir, aumenta la carga. También concuerda con lo reportado por Maraschin et al. (1983) donde la estimación del forraje consumido como FDes/animal se redujo a medida que la presión de pastoreo aumentó, es decir, disminuyó la OF.

4.2. ESTACIONAL

4.2.1. Verano

4.2.1.1. Forraje producido (kg/ha)

El forraje producido en verano no ajusta al modelo de superficie de respuesta. Sin embargo, analizando el efecto de cada factor, N y OF individualmente, se llegó a que el N ajustó para el verano a un polinomio de segundo grado $y = -0,0266 N^2 + 9,2832 N + 3532,7$ ($P = 0,024$) con un R^2 de 0,45; sin detectarse respuesta significativa a la OF (Apéndice 18).

Considerando que una de las especies dominantes en la pastura es *Paspalum notatum*, la cual presenta una vida media foliar de aproximadamente 30 días (Eggers, 1999), los períodos de descanso entre pastoreos de 30 días utilizados en el experimento, aseguran la reposición del IAF de esta especie previo a los pastoreos, diluyendo los efectos de la OF.

La baja predictibilidad del modelo de superficie de respuesta al N puede deber a distintos factores. Una posible explicación sería el momento de aplicación del fertilizante, que fue desde fines de otoño a fines de invierno. Esto coincide con lo expresado por Ayala y Carámbula (1994) afirmando que el momento de aplicación del fertilizante es uno de los factores que condiciona la respuesta de la pastura.

Las fertilizaciones de fines de invierno inicios de primavera es mayormente aprovechada por las especies invernales dominantes de la pastura como *Bromus auleticus*, *Piptocaetium bicolor*, *P. montevidiense*, *P. stipoides* y *Stipa setigera* en su crecimiento reproductivo, siendo el efecto residual sobre el crecimiento estival dependiente de las condiciones para el crecimiento primaveral de la pastura. Con condiciones primaverales favorables al crecimiento de la pastura, el efecto residual para el crecimiento de verano disminuye. Otro factor que está afectando la respuesta es que las

especies perennes invernales mencionadas presentan, según Rosengurt (1946), distintos tipos de comportamiento estival. Las pertenecientes al género *Piptochaetium* presentan reposo en veranos secos y rebrotan poco en verano, mientras *B. auleticus* y *S. setigera* tiene un reposo intenso y moderadamente intenso en verano respectivamente. Debido a esto, por más que la fertilización promueva el desarrollo de estas especies, al estar las principales en latencia intensa o moderada en verano, poco va a ser su aporte a la producción estival.

La magnitud de la respuesta en esta estación de las especies estivales está condicionada por la absorción del N a inicios de la primavera cuando comienza el rebrote, y por la disponibilidad del mismo en la estación a través lo de procesos de reciclaje. Un factor que limita la respuesta de este nutriente es la disponibilidad de agua, la cual está asociada principalmente a las precipitaciones.

El análisis de los veranos que abarca este trabajo, indica que ajustó el modelo de superficie de respuesta solamente en el verano de 2005 (Apéndice 4).

El FP para el verano 2005 ajusta significativamente al modelo de superficie de respuesta $y = 3461 + 48,5 N + 171,8OF - 0,11 N^2 - 0,30 OF*N - 4,7 OF^2$, ($R^2 = 0,77$; $\alpha = 0,046$). Se detectaron efectos lineales de N así como también efectos medios de este factor. Hay una respuesta de 48,5 kg/ha de MS por kg/ha de N aplicado. Martha Junior et al. (2004) señalaron que en gramíneas tropicales la respuesta al agregado de N es lineal cuando las dosis aplicadas están entre 80 a 180 kg/ha/ de N por ciclo de crecimiento. Con respecto a la EUN por arriba de los 50-60 kg/ha de N por ciclo comienza a decrecer, este decrecimiento a la respuesta del N coincide con lo obtenido, pudiéndose apreciar en la Figura 10.

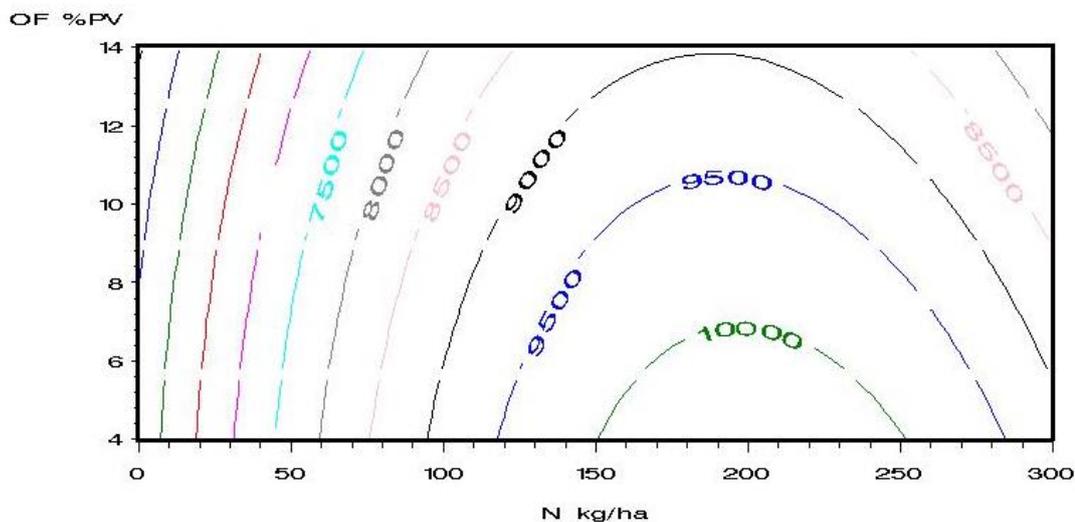


Figura 10. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FP en kg/ha para el verano 2005.

Se encontró un PE de 9272 kg/ha de MS con coordenadas de 170 kg/ha de N y OF de 12%.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = -111,47$ y $\lambda_2 = -2567,79$ indicando que la respuesta en el PE es un máximo, siendo mayores las respuestas a la variación de la OF.

A altos niveles de N la producción de forraje aumenta a medida que disminuye la OF. Boggiano et al. (1999) explican que esto se debe a la reducción del sombreado en los horizontes inferiores del perfil de la pastura que determina una mayor densidad de macollos, lo cual define un potencial de hojas mayor. También la reducción del sombreado reduce la senescencia de las hojas, aumentando el tiempo de vida de estas, contribuyendo a tener un IAF mayor y por lo tanto un aumento en la tasa de crecimiento.

Se encontró un máximo de producción de alrededor de 10000 kg/ha de MS en un rango de N entre 150 y 250 kg/ha y una OF entre 4 y 7%. Por fuera de estos rangos la producción disminuye (Figura 10). Estas pueden

parecer demasiado altas para pertenecer a un campo natural, sin embargo se han reportado producciones elevadas de *Paspalum notatum*, que tiene alta presencia en este trabajo en su estación de crecimiento. En este sentido Townsend (2008) obtuvo para 2 biotipos de esta especie en el verano 2006-2007 producciones superiores a los 10000 kg/ha de MS con dosis próximas a los 300 kg/ha de N. Por su parte Gómes et al. (2004) estudiando el potencial de producción de 3 ecotipos de *P. notatum* encontraron que en promedio la producción fue de 10871 kg /ha de MS. A bajos niveles de N la producción se mostró poco sensible al efecto de la OF.

4.2.1.2. Forraje disponible (kg/ha)

El forraje disponible para el promedio de los veranos se ajusta al modelo de superficie de respuesta $y = 2397 + 3,4 N - 48OF - 0,01 N^2 + 0,07 OF*N - 5,8 OF^2$ ($R^2 = 0,82$; $\alpha = 0,021$). Al analizar cada verano individualmente, puede verse (Apéndice 6) como en el año 2002 el modelo no ajusta, pudiendo explicarse esto por ser el primer año del experimento, por lo que los tratamientos pudieron no marcar un claro efecto.

En el promedio de los veranos se detectó efecto cuadrático para el N y los efectos medios fueron significativos para la OF. Esta respuesta puede ser visualizada a través de sus componentes. El FP, uno de los componentes del FD presentó respuesta cuadrática significativa para el N; en tanto el FR, el otro componente del FD, muestra respuesta a la OF.

El PE se ubicó en 2603 kg/ha de MS cuando el N es 165 kg/ha y la OF es 3,1%, quedando por fuera del rango estudiado en el trabajo.

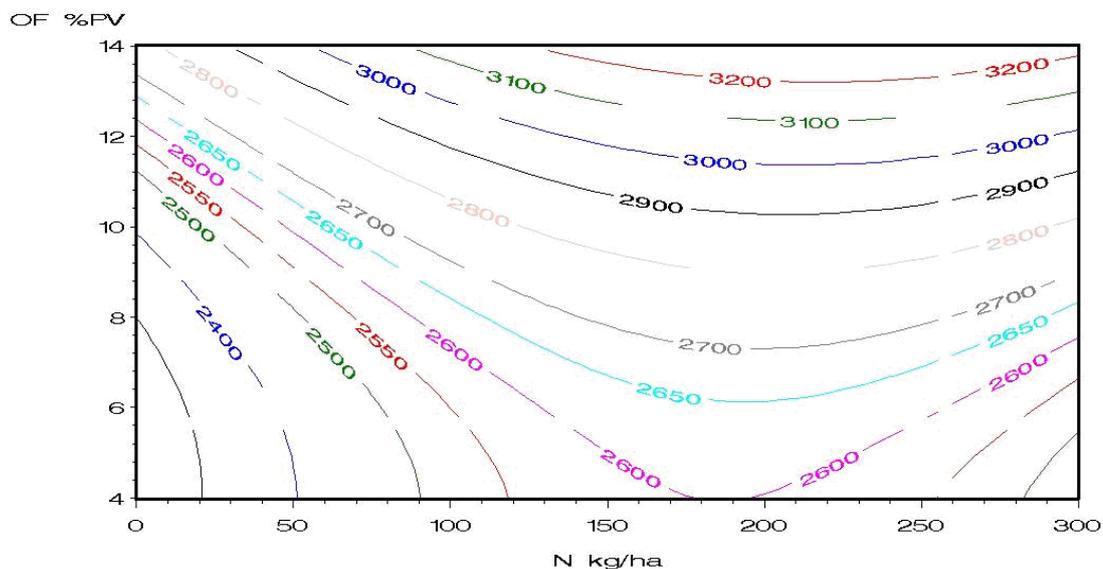


Figura 11. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FD en kg/ha para el promedio de los veranos.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 147,34$ y $\lambda_2 = -248,20$ indicando que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas de la variable al último factor mencionado.

Cuando los niveles de OF son mayores a 9% y el N menor a 150 kg/ha el FD es más sensible a cambios en los factores.

Esta tendencia cambia cuando se trabaja a niveles superiores de N donde las variaciones en el FD se dan mayormente por cambios en la OF.

4.2.1.3. Forraje remanente (kg/ha)

El forraje remanente para el promedio de los veranos se ajusta al modelo de superficie de respuesta $y = 857 - 0,25 N + 55 OF - 2 \times 10^{-3} N^2 + 0,06 OF \cdot N + 2 OF^2$ ($R^2 = 0,90$; $\alpha = 0,003$). Dado que los efectos lineales son significativos y únicamente el efecto medio de la OF fue significativo para el

verano promedio, queda evidenciado la respuesta lineal a la OF en la Figura 12, donde el FR aumenta con aumentos de la OF (Apéndice 1).

El PE es de 852 kg/ha de MS que se da cuando el N agregado es - 101 kg/ha y la OF es -2%, quedando estos valores fuera del rango de estudio.

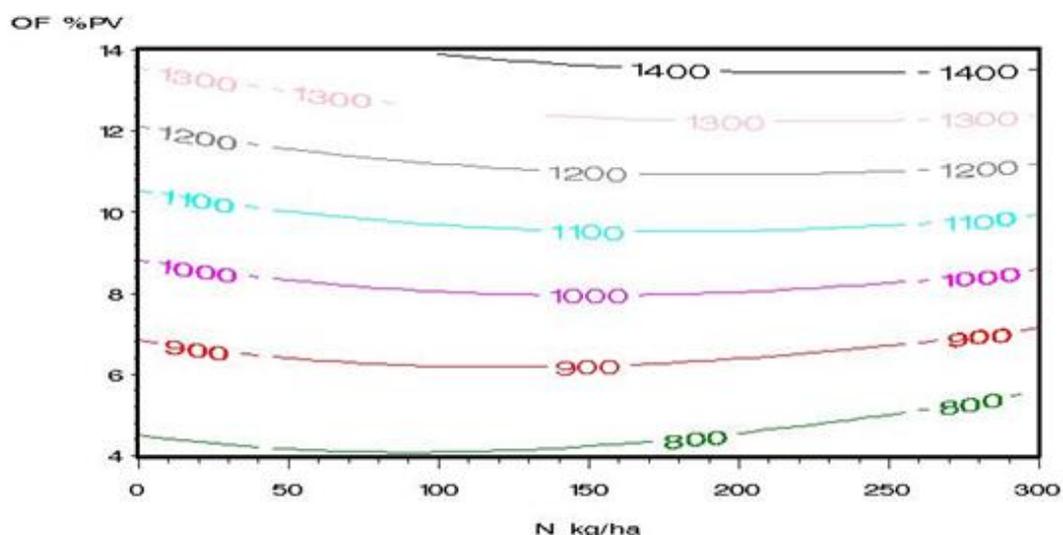


Figura 12. Efecto de la oferta de forraje (OF%PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FR en kg/ha para el promedio de los veranos.

Las raíces características de la ecuación de regresión de la forma canónica son $\lambda_1 = 50,88$ y $\lambda_2 = -49,99$ e indican que la respuesta en el PE es un punto silla, o sea con un mínimo para N y un máximo para OF.

La tendencia del FR de verano coincide con la anual, donde principalmente se rige por la OF, aumentando el FR con aumentos de ésta, ya que la OF determina la intensidad de pastoreo y por lo tanto el forraje cosechado.

4.2.1.4. Forraje desaparecido (kg/ha)

El forraje desaparecido para el promedio de los veranos ajusta significativamente al modelo de superficie de respuesta $y = 1538 + 3,7 N - 63OF - 9 \times 10^{-3} N^2 + 0,01 OF \cdot N + 4 OF^2$, ($R^2 = 0,73$; $\alpha = 0,079$). Se detectaron efectos significativos lineales y cuadráticos para el N (Apéndice 7).

El PE se encuentra en 1683 kg/ha de MS que se da cuando el N agregado es 209 kg/ha y la OF es 7,5%.

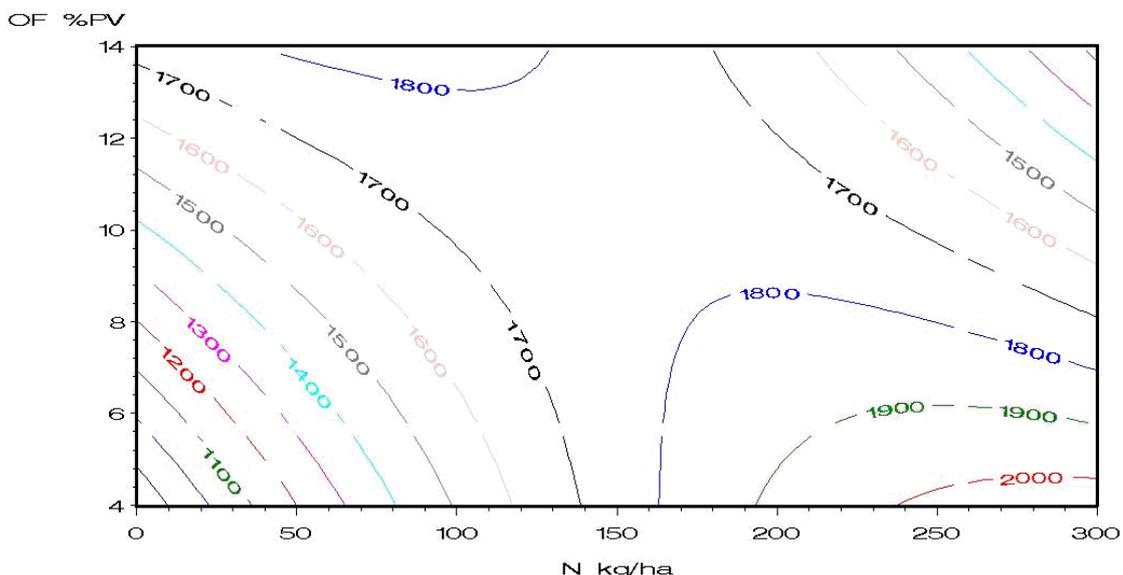


Figura 13. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FDes en kg/ha para el promedio de los veranos.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 100,4$ y $\lambda_2 = -201,8$ indicando que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas a OF.

El FP tiene una respuesta cuadrática al agregado de N, pudiendo asociar esta respuesta al FDes. A niveles bajos de N el aumento de éste conlleva a incrementos en el FDes como consecuencia de aumentos en el

FP. Sin embargo, incrementos posteriores en el agregado de N llevan a una disminución del FP con la consecuente reducción del FDes cuando las OF son altas. Esta respuesta puede explicarse por lo expuesto anteriormente, donde la tasa de senescencia aumenta con agregados altos de N.

Lo expuesto anteriormente por Lemaire (1997), también puede explicar lo que sucede a altos niveles de N con OF bajas. Luego de la aplicación del fertilizante, a bajas OF, la pastura es intensamente pastoreada, impidiendo así efectos adversos como el exceso de material muerto. Por lo tanto a un nivel alto de N cuando el pastoreo se hace más intenso (menores OF) se disminuye el material senescente, traduciéndose en mayor FP, incrementando así el FDes, como se puede ver en la Figura 13. Stuth y Chmielewski (1981) obtuvieron que las variaciones del FDes diario fue explicado en un 67% por la OF diaria. Estos autores encontraron una relación significativa y positiva entre el FDes diaria y la OF. La eficiencia de defoliación parece ser mayor en OF entre 6 y 9%, indicando que a bajas OF más nutrientes y energía son consumidos por el animal con menos material perdido por senescencia y descomposición.

4.2.1.5. Forraje desaparecido (%) del FD

El forraje desaparecido en % para el promedio de los veranos ajusta al modelo de superficie de respuesta $y = 68 + 0,02 N - 2,2OF + 1 \times 10^{-5} N^2 - 1 \times 10^{-3} OF \cdot N + 0,07 OF^2$, ($R^2 = 0,93$; $\alpha = 0,001$). Se encontraron efectos significativos lineales y cuadráticos para el N, así como también de interacción $OF \cdot N$. El efecto medio de la OF fue significativo (Apéndice 9).

Se encontró un PE de 51% cuando el N es 24 kg/ha y la OF es 15%, quedando fuera del rango de estudio de la OF.

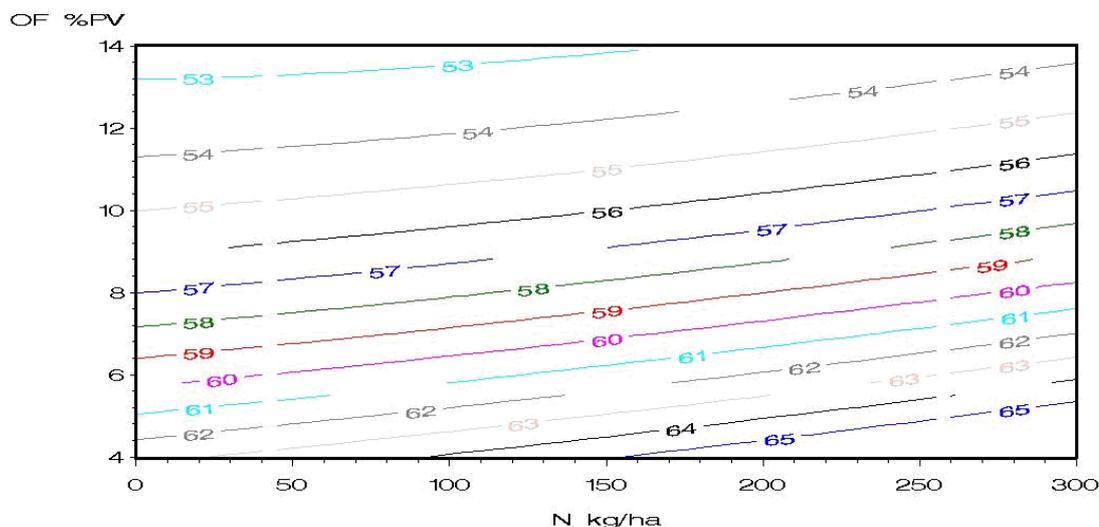


Figura 14. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FDes en % para el promedio de los veranos.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 1,96$ y $\lambda_2 = 0,15$ indicando que la respuesta en el PE es un mínimo, y al desplazarse fuera de este, determinan aumentos en la respuesta, siendo esta respuesta mayor frente a variaciones en el N.

En verano el comportamiento del FDes en % permite afirmar que a menores OF es mayor, tendiendo a aumentar aunque menos sensiblemente con aumentos de N. Gillen y Berg (1998) encontraron que toda la biomasa, incluyendo todos los componentes de la pastura, decayó a medida que la intensidad de pastoreo es mayor. Por lo que un mayor número de animales se traduce en mayor consumo de forraje. Mayores asignaciones de forraje (menores kg PV/ha) se asociaron a pastoreos selectivos, por lo tanto una menor utilización de la pastura lo que favorece el desarrollo de malezas de campo sucio y el endurecimiento del forraje rechazado (Poppi et al., 1987).

Con respecto a los aumentos como consecuencia del N, Boggiano (2000a) explica que se dan por mayor densidad de los macollos,

determinando una estructura de pastura más erecta y por lo tanto las hojas más expuestas a la defoliación. Mazzanti et al. (1994b) afirman coincidiendo que, la fertilización nitrogenada tiene un marcado efecto en el dosel foliar de la pastura con carga continua ya que modifica la densidad de los macollos y la distribución vertical de la masa de forraje. Estos parámetros tienen una importante influencia en el consumo de forraje (Hodgson, Black y Kenney, Lantinga, L'Huillier et al., citados por Manzzati y Lemaire, 1994a).

4.2.1.6. Carga animal (kg/ha de PV)

La carga animal para el promedio de los veranos ajusta significativamente al modelo de superficie de respuesta $y = 1695 + 1,52 N - 182,3 OF - 2 \times 10^{-3} N^2 - 0,09 OF \cdot N + 7,4 OF^2$ ($R^2 = 0,97$; $\alpha < 0,001$) (Apéndice 12).

Se encontraron efectos significativos lineales de N y OF, y efectos significativos cuadráticos de OF. En cuanto a los efectos medios solo fue significativo para la OF.

El PE encontrado fue de 593 kg/ha de PV cuando el N es 98 kg/ha y la OF es 12,9%.

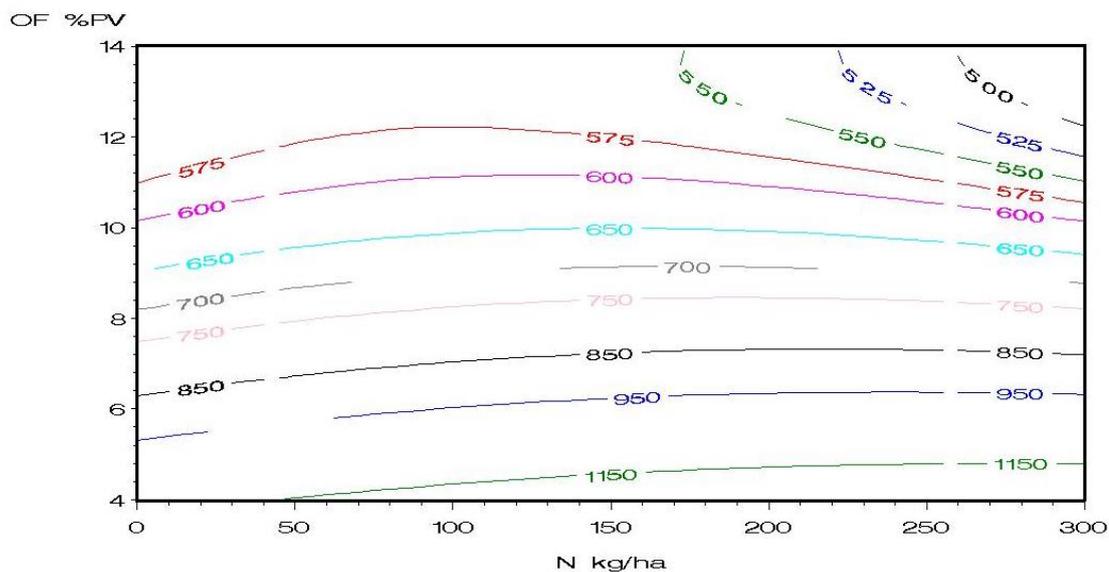


Figura 15. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre la carga animal en kg/ha de peso vivo para el promedio de los veranos.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 189,65$ y $\lambda_2 = -46,69$ indicando que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas de la variable al N.

Dentro del rango de los factores estudiados en esta trabajo, a respuesta de aumento de carga se da básicamente en función de la OF siendo muy poco sensible a cambios en el N. A altas OF se aprecia que la carga animal disminuye a valores crecientes de N, dado posiblemente por un menor FP explicado anteriormente. Dada la alta relación entre carga animal y FP, en este caso también se puede encontrar una relación con la respuesta del FDes (Figura 13). Debido a esto, menor FP pueden traducirse en menor receptividad de carga animal por parte de la pastura y por lo tanto menor FDes por menor consumo y mayor material senescente.

4.2.1.7. Carga animal en (UG/ha)

La carga animal en UG para el promedio de los veranos se ajusta significativamente al modelo de superficie de respuesta $y = 4,5 + 4 \times 10^{-3} N - 0,48 OF - 4,8 \times 10^{-6} N^2 - 2 \times 10^{-4} OF*N + 0,02 OF^2$, ($R^2 = 0,97$; $\alpha < 0,001$) (Apéndice 14).

Se encontraron efectos significativos lineales de N y OF y efectos significativos cuadráticos de OF. El efecto medio de la OF fue significativo.

El PE fue de 1,56 UG/ha cuando el N es 98 kg/ha y la OF es 13%.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 0,49$ y $\lambda_2 = -0,12$ indicando que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas de la variable al N.

4.2.1.8. Kg de forraje desaparecido / 100 kg de PV

Los kg de forraje desaparecido / 100 kg de PV para el promedio de los veranos ajustó al modelo de superficie de respuesta $y = 0,46 + 6,3 \times 10^{-3} N + 0,25 OF - 2,4 \times 10^{-5} N^2 + 4,3 \times 10^{-4} OF*N - 1,3 \times 10^{-3} OF^2$ ($R^2 = 0,94$; $\alpha < 0,001$) (Apéndice 16).

Se encontró un PE de -33,7% cuando el N es -1908 kg/ha y la OF es -225%, dichos valores se encuentran fuera del rango de estudio.

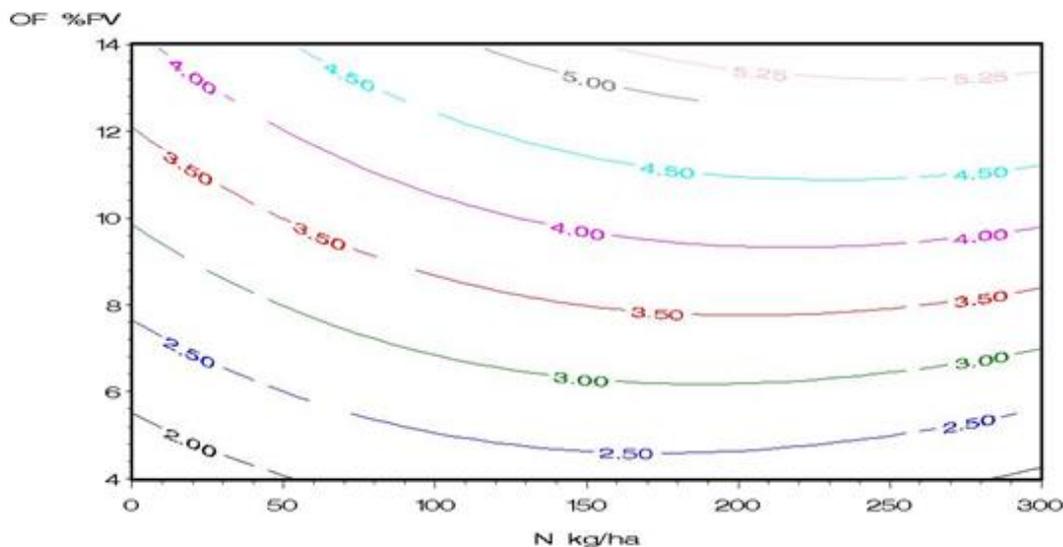


Figura 16. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FDes en kg / 100 kg de PV para el promedio de los veranos.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 0,20$ y $\lambda_2 = -0,58$ indican que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas de la variable a la variación de la OF.

La respuesta de la variable a la OF es muy similar a la del promedio de los años. Esta variable es inversa a la carga animal; donde mayores OF se traducen en mayor FDes / 100 kg de PV.

Sin embargo, a diferencia del año promedio, el FDes/100 kg de PV tiene respuesta a cambios en el N hasta 200 kg/ha agregado, ya que a una OF fija el agregado de N aumenta el % desaparecido/100 kg PV. Esta respuesta probablemente esté relacionada con la dependencia explicada anteriormente con el FD, ya que a valores bajos de N el FD aumenta con el N, por lo que los animales tendrán más forraje para consumir, aumentando el FDes / 100 kg PV. Luego de los 200 kg/ha de N, el FDes deja de

responder a agregados de este, comportamiento similar al que presenta el FDes / 100 kg de PV.

Las máximas utilizaciones del forraje se dan, como puede verse en la Figura 16, con las OF más altas a niveles medios-altos de N.

4.2.2. Otoño

4.2.2.1. Forraje producido (kg/ha)

El forraje producido en otoño no ajusta al modelo de superficie de respuesta. Sin embargo, analizando el efecto de cada factor, N y OF, individualmente, se llega a que la OF ajustó para el otoño a un polinomio de segundo grado $y = 15,902 \text{ OF}^2 - 214,4 \text{ OF} + 2449,6$ ($P=0,009$) y R^2 de 0,73 sin ajustar para el N (Apéndice 18).

El ajuste a una respuesta cuadrática del FP a la OF, a diferencia del verano, donde no se pudo obtener un efecto claro de la OF, es que; en el otoño la mayor restricción que ocurría en el período estival como las escasas lluvias, en esta estación se levanta y, además, las condiciones de radiación y temperatura continúan siendo favorables al crecimiento de la pastura, pudiendo expresarse los efectos de la OF sobre el FP.

Las fertilizaciones en invierno-primavera determinan que el crecimiento de inicio del otoño quede fuera del efecto de la fertilización. Con respecto al otoño la salida de la latencia estival hace que el rebrote sea lento o se retrase impidiendo la expresión de las respuestas en producción de otoño. Según Rosengurtt (1945) las especies del género *Piptochaetium* presentan reposo en veranos secos y rebrotan poco en esa estación, mientras *B. auleticus* y *S. setigera* tiene un reposo intenso en verano; lo cual puede retrasar el rebrote otoñal. Wight (1976) encontró que en fertilizaciones otoñales mientras las especies invernales aumentaban, las especies estivales disminuían. Rehm et al. (1972), explican que este efecto se puede

revertir cambiando la fecha de aplicación del fertilizante tarde en la primavera o en verano beneficiando a las especies estivales.

Por su parte Cardozo et al. (2008) reportan la predominancia de especies anuales invernales como efecto residual de sucesivas fertilizaciones, observado que con altas dosis de N tuvo alta presencia el raigrás anual (*Lolium multiflorum*). Como se mencionó anteriormente esta realiza una gran extracción de N durante la primavera al pasar al estado reproductivo y puede estar ayudando a la falta de respuesta otoñal ya que se conserva como semilla e inicia su rebrote tarde en el otoño, condicionando la respuesta de esta estación.

4.2.2.2. Forraje disponible (kg/ha)

Con respecto al forraje disponible para el promedio de los otoños se puede ver como no se ajusta al modelo de superficie de respuesta. Esto puede explicarse porque de los tres años de estudio, dos de ellos (otoño 2002 y 2004) no ajustan al modelo (Apéndice 6). Al estudiar en el promedio de los otoños, el efecto de los factores sobre el FD, se detectó un efecto lineal positivo de la OF donde; $y = 41,2OF + 1271$ ($P=0,005$; $R^2 = 0,57$).

De esto se desprende que al aumentar la OF el FD otoñal aumenta. A bajas OF, explicado tanto por aumentos en el FP como el FR; ya que la respuesta del FP es lineal a bajas OF y la respuesta del FR es siempre lineal positiva frente a este factor. Mientras que a OF mayores, aumentos del FD se explicarían básicamente por aumentos en el FR ya que la respuesta de esta es lineal creciente con la OF y la del FP es cuadrática y por lo tanto disminuye a altas OF. No se pudo detectar efecto del N.

Se analiza el año 2003 que ajustó a un modelo de superficie de respuesta. El modelo de superficie de respuesta $y = 2031 - 4,4 N - 150OF - 2 \times 10^{-4} N^2 + 0,5 OF \cdot N + 7 OF^2$, ($R^2 = 0,83$; $\alpha=0,018$).

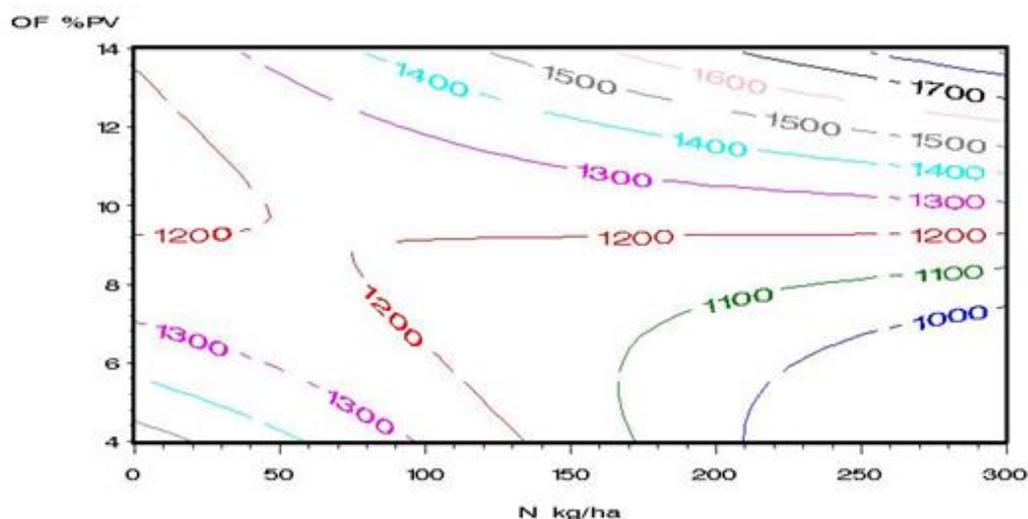


Figura 17. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FD en kg/ha de PV para el otoño 2003.

4.2.2.3. Forraje remanente (kg/ha)

El forraje remanente para el promedio de los otoños no ajusta al modelo de superficie de respuesta. Sin embargo, al estudiar el efecto de los factores sobre el FR se detectó un efecto lineal significativo de la OF, donde, $y=1522,5 + 82,6 \text{ OF}$ ($P=0,00012$; $R^2=0,72$) (Apéndice 18).

Aunque el modelo no ajusta, el hecho de que se observó un efecto de la OF positivo ($b>0$) coincide con la tendencia registrada del FR de los otros períodos, donde mayores OF se traducen en mayor FR.

Analizando los otoños individualmente, el 2002 y 2004 ajustan a los modelos de superficie de respuesta (Apéndice 2), siendo significativo los efectos lineales y el efecto medio de la OF, asumiendo que son estas respuestas las que se reflejan en el ajuste lineal de la OF para el otoño promedio.

4.2.2.4. Forraje desaparecido (kg/ha)

El forraje desaparecido para el promedio de los otoños no se ajusta al modelo de superficie de respuesta. Por su parte analizando el efecto del N y la OF por separado se obtuvo una respuesta lineal positiva para la OF con $y = 1568,6 + 56x$ ($R^2=0,79$; $p= 0,0012$) (Apéndice 18).

Analizando cada otoño se puede observar que en el año 2002 y 2004 no se ajustan significativamente al modelo de superficie de respuesta, a diferencia del año 2003.

En el otoño del año 2003 el FDes ajustó significativamente al modelo de superficie de respuesta $y = 1306 - 4,4 N - 170OF + 2 \times 10^{-3} N^2 + 0,44 OF*N + 8 OF^2$, ($R^2 = 0,77$; $\alpha=0,049$).

Se detectaron efectos significativos lineales para N y OF, cuadrático para OF y de interacción para $OF*N$. El efecto medio es significativo para la OF.

El PE es de 410 kg/ha de MS que se da cuando el N agregado es 30 kg/ha y la OF es 9,8%.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 305,61$ y $\lambda_2 = -62,52$ indicando que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas de la variable al N.

4.2.2.5. Carga animal (kg/ha de PV)

La carga animal para el promedio de los otoños ajusta significativamente al modelo de superficie de respuesta $y = 1152 + 0,38 N - 135 OF - 2 \times 10^{-3} N^2 + 0,01 OF*N + 5,2 OF^2$ ($R^2 = 0,96$, $\alpha < 0,001$) (Apéndice 12).

Se detectaron efectos significativos lineales y cuadráticos de la OF. El efecto medio de la OF fue significativo.

Se encontró un PE de 324 kg/ha de PV cuando el N es 173 kg/ha y la OF es 12,8%.

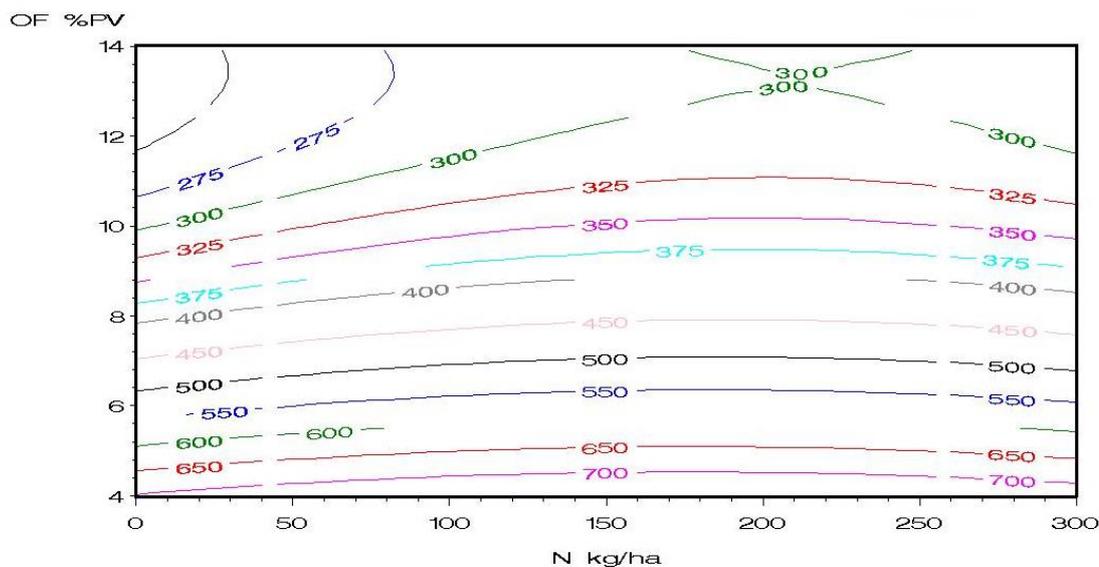


Figura 18. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre la carga animal en kg/ha de peso vivo para el promedio de los otoños.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 130,52$ y $\lambda_2 = -34,54$ indicando que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas de la variable al N.

La carga animal otoñal sigue las mismas tendencia que en el verano, variando la carga principalmente al cambiar la OF, mostrando otra vez la relación directa entre estas dos.

4.2.2.6. Carga animal (UG/ha)

La carga animal en UG para el promedio de los otoños se ajustó significativamente al modelo de superficie de respuesta $y = 3 + 1 \times 10^{-3} N - 0,36 OF - 3,4 \times 10^{-6} N^2 + 3 \times 10^{-5} OF \cdot N + 0,01 OF^2$, ($R^2 = 0,96$; $\alpha < 0,001$) (Apéndice 14).

Se encontraron efectos significativos lineales y cuadráticos de OF y su efecto medio fue significativo.

Se encontró un PE de 0,85 UG/ha cuando el N es 173 kg/ha y la OF es 12,7%.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 0,34$ y $\lambda_2 = -0,09$ indicando que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas de la variable al N.

4.2.2.7. Kg de forraje desaparecido / 100 kg de PV

Los kg de forraje desaparecido / 100 kg de PV para el promedio de los otoños ajusta al modelo de superficie de respuesta $y = 0,26 - 6,6 \times 10^{-4} N + 0,24 OF - 3 \times 10^{-6} N^2 - 6,7 \times 10^{-6} OF \cdot N - 2,9 \times 10^{-3} OF^2$ ($R^2 = 0,95$; $\alpha < 0,001$) (Apéndice 16).

Se encontraron efectos lineales significativos para N, mientras que los efectos medios de la OF fueron significativos.

El PE fue de 5% cuando el N es 156 kg/ha y la OF es 41%, estando la OF fuera del rango de estudio.

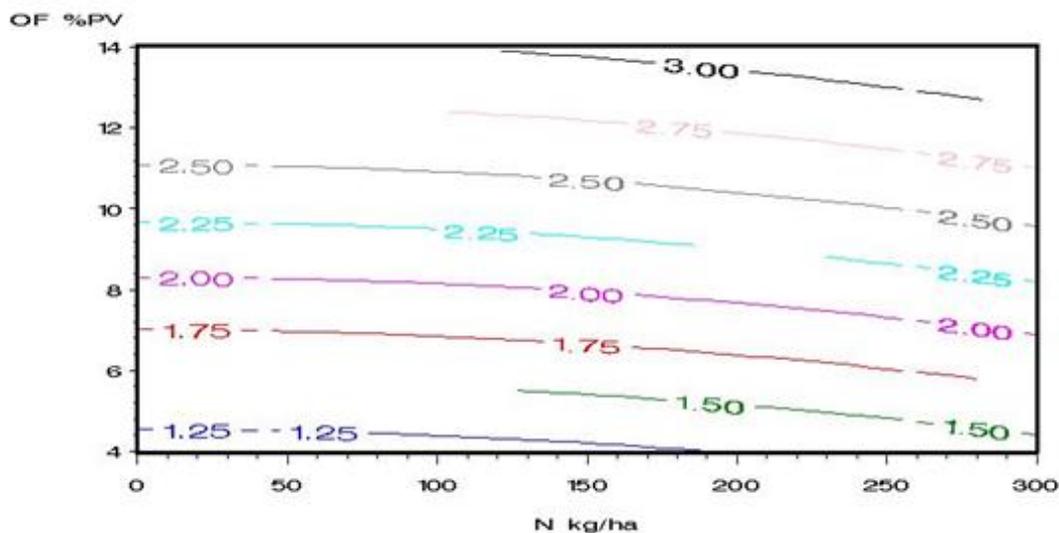


Figura 19. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FDes / 100 kg de PV para el promedio de los otoños.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 0,067$ y $\lambda_2 = -0,073$ indican que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas de la variable a la variación de la OF.

El otoño presenta, al igual que en el promedio de los años y de las primavera una respuesta del FDes /100 kg de PV dependiente la OF, teniendo una leve respuesta al N en los niveles más altos estudiados, aumentando levemente.

4.2.3. Invierno

4.2.3.1. Forraje producido (kg/ha)

El forraje producido para el promedio de los inviernos se ajusta al modelo de superficie de respuesta $y = -89 + 14,7 N + 111OF - 0,02 N^2 - 0,85 OF*N + 6,2 OF^2$, ($R^2 = 0,79$; $\alpha = 0,038$) (Apéndice 3).

Se detectaron efectos significativos para la respuesta lineal y cuadrática del N, así como para los efectos medios de ambos factores estudiados. Junto con la primavera el invierno es la otra estación en que ajustó el modelo de superficie de respuesta y donde la magnitud de la respuesta por cada kg/ha de N agregado es de 15 kg/ha de MS. Este dato es similar al reportado por Zanoniani et al. (2011), con 16 kg/ha de MS por cada kg/ha de N agregado.

El PE es de 1957 kg/ha de MS que se da cuando el N agregado es 228 kg/ha y la OF es 6,7%.

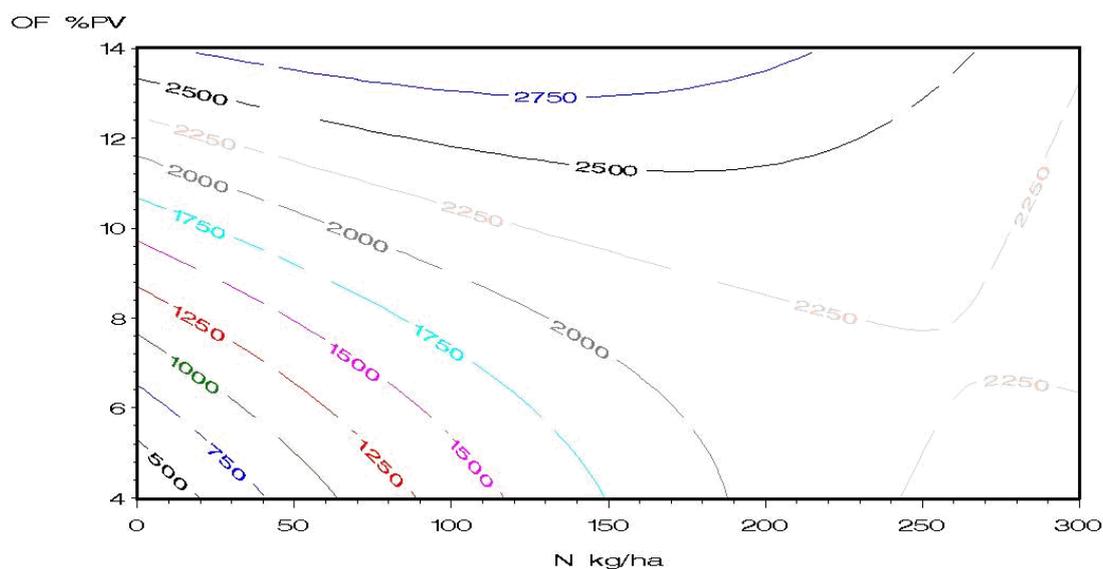


Figura 20. Efecto de la oferta de forraje (OF%PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FP en kg/ha para el promedio de los inviernos.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 293,18$ y $\lambda_2 = -578,80$ indicando que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas a la variación de la OF.

Como puede verse en la Figura 20, los valores de FP invernal son alrededor de la mitad en comparación con el FP en primavera.

Como se mencionó anteriormente, el aumento del FP al aumentar los factores no es tan pronunciado como en la primavera. Esto puede deberse a las menores temperaturas de la estación y a que la PAR incidente es menor que en otros momentos del año.

También se puede ver como con los altos niveles de N, dentro del rango estudiado, la respuesta es cada vez menor hasta llegar a una zona de no cambio. Sin embargo, comparado con la primavera esta zona se da en dosis mayores de N, pudiéndose explicar además, de por la menor PAR incidente, porque en invierno el N disponible es menor principalmente por bajas temperaturas, las cuales también retrasan los procesos de aparición y extensión foliar. En estudios realizados sobre estas mismas áreas indican que los tiempos de descanso requeridos en el invierno para que especies dominantes en la pastura, *Bromus auleticus* y *Stipa setigera*, puedan recuperar el IAF son de 60 días¹. El tiempo requerido es mayor a los 45 días de descanso utilizados en este experimento, por lo menos para las intensidades de pastoreo mayores donde las plantas deberían recuperar la mayoría de su área foliar.

La mayor producción en el rango estudiado se da a OF altas. Esto coincide con lo expuesto por Setelich (1994) explicado por la mayor participación de las especies invernales junto con las maciegas y la posible protección que el estrato superior podría estar causando sobre las gramíneas estoloníferas de verano.

Boggiano et al. (2004c), Zanoniani (2009) explican dos respuestas de la producción invernal. A bajas dosis de N la producción invernal aumenta al aumentar la OF coincidiendo con este trabajo. Explicado porque en ambientes pobres en N, la reposición de las estructuras removidas es más lenta por lo que la menor remoción del área foliar y de los pseudotallos

favorecerá principalmente a los tipos cespitosos, mayoría de las gramíneas invernales. Sin embargo, lo anterior no coincide con la respuesta a altos niveles de N de este trabajo, ya que a altas dosis de N, la respuesta a la OF es poco sensible. Zanoniani et al. (2011) reportan que en producción invernal se dio compensación entre ambos factores, siendo máxima con dosis altas de N y baja OF, o con baja dosis de N y alta OF, coincidiendo con los autores anteriores.

4.2.3.2. Forraje disponible (kg/ha)

El forraje disponible para el promedio de los inviernos ajusta al modelo de superficie de respuesta $y = 423 + 8,5 N + 94OF - 0,02 N^2 - 0,4 OF*N + 3,1 OF^2$ ($R^2 = 0,85$; $\alpha = 0,012$) (Apéndice 5).

Se detectaron efectos significativos para la respuesta lineal y cuadrática del N. Los efectos medios de cada factor fueron significativos para la estación. Aunque no se pueda cuantificar el efecto medio de la OF.

El PE fue de 1613 kg/ha de MS cuando el N es 272 kg/ha y la OF es 0,86%, estando el valor de OF por fuera del rango de estudio.

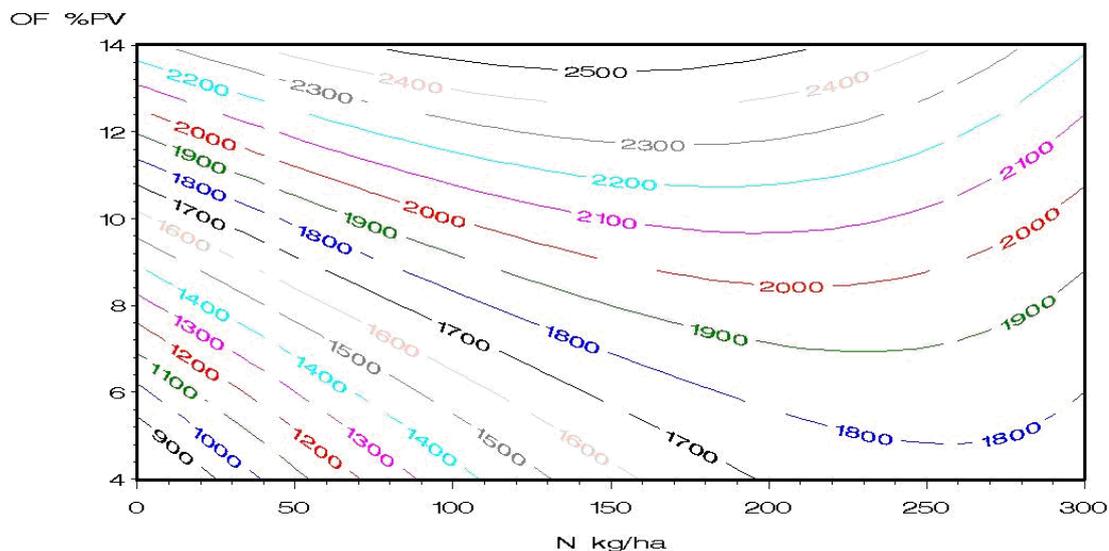


Figura 21. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FD en kg/ha para el promedio de los inviernos.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 118,33$ y $\lambda_2 = -378,30$ indicando que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas a la OF.

A niveles bajos y medios de ambos factores la respuesta es muy sensible a cambios en ellos, siendo más sensibles a cambios en la OF, como se mencionó anteriormente.

Con altas OF y niveles altos de N, se reduce el FD al aumentar el nivel de N, lo cual se explica por la falta de respuesta de la producción invernal a altos niveles de N agregado.

4.2.3.3. Forraje remanente (kg/ha)

El forraje remanente para el promedio de los inviernos se ajustó al modelo de superficie de respuesta $y = 475 + 2,17 N + 49 OF - 5 \times 10^{-3} N^2 - 0,05 OF \cdot N - 1 OF^2$ ($R^2 = 0,76$; $\alpha = 0,054$) (Apéndice 1).

Se encontró significancia para el efecto cuadrático de N y el efecto medio de la OF.

El PE se ubica en 1466 kg/ha de MS y se da cuando el N agregado es 11 kg/ha y la OF es 40%, estando la OF por fuera del rango de estudio.

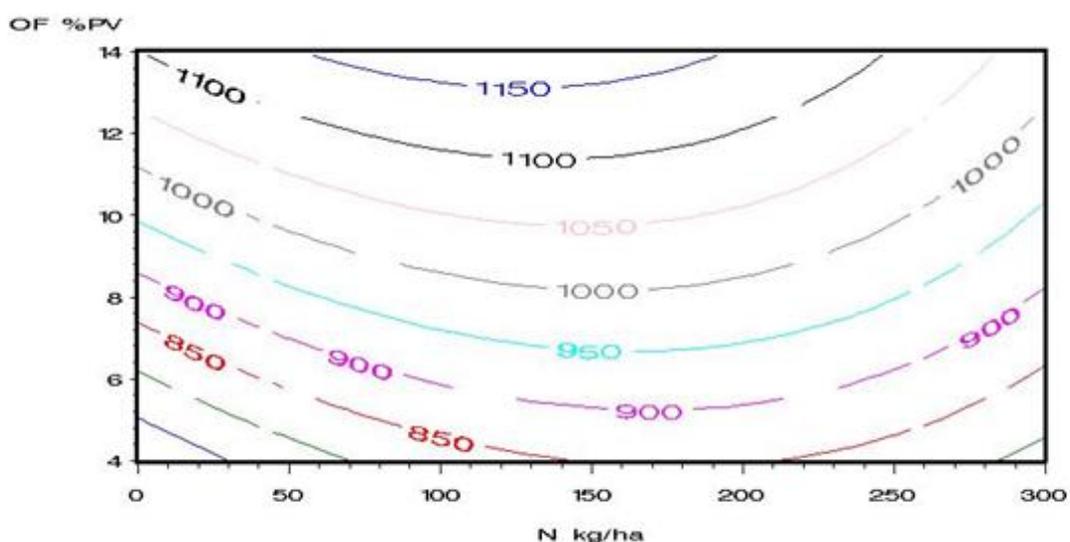


Figura 22. Efecto de la oferta de forraje (OF%PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FR en kg/ha para el promedio de los inviernos.

Las raíces características de la ecuación de regresión de la forma canónica $\lambda_1 = -11,48$ y $\lambda_2 = -113,09$ indican que la respuesta en el PE es un máximo, indicando que el desplazamiento desde el punto en cualquier sentido represente una disminución del FR.

El análisis para el FR, tanto por años como por estaciones promedio, mostraron ajuste a la superficie de respuesta y efecto promedio de la OF, en este caso sin poder cuantificar éste debido a la falta de significancia de los coeficientes de regresión. Dado que el FR es consecuencia del consumo de los animales a partir del FD, variaciones en el FDes no asociadas a los

tratamientos de OF determinan una variabilidad en los remanentes que no permiten establecer relaciones funcionales con coeficientes significativos.

Solamente se detectaron como significativos los efectos lineales sin poder asociarse a ningún factor en particular, al mismo tiempo que el efecto medio de la OF fue significativa. Dados estos resultados se presume que incrementos en la OF llevarían a incrementos lineales en el FR. Relaciones significativas entre el incremento del FR y los incrementos de OF fueron encontrados por Boggiano (2000a).

4.2.3.4. Forraje desaparecido (kg/ha)

El forraje desaparecido para el promedio de los inviernos se ajusta significativamente al modelo de superficie de respuesta $y = 136 + 6,5 N + 20,6OF - 0,01 N^2 - 0,35 OF*N + 4,2 OF^2$, ($R^2 = 0,75$; $\alpha = 0,064$) (Apéndice 8).

Se detectaron efectos significativos lineales y cuadráticos para N, así como también fue significativo el efecto medio de la OF.

El PE es de 871 kg/ha de MS que se da cuando el N agregado es 206 kg/ha y la OF es 6%.

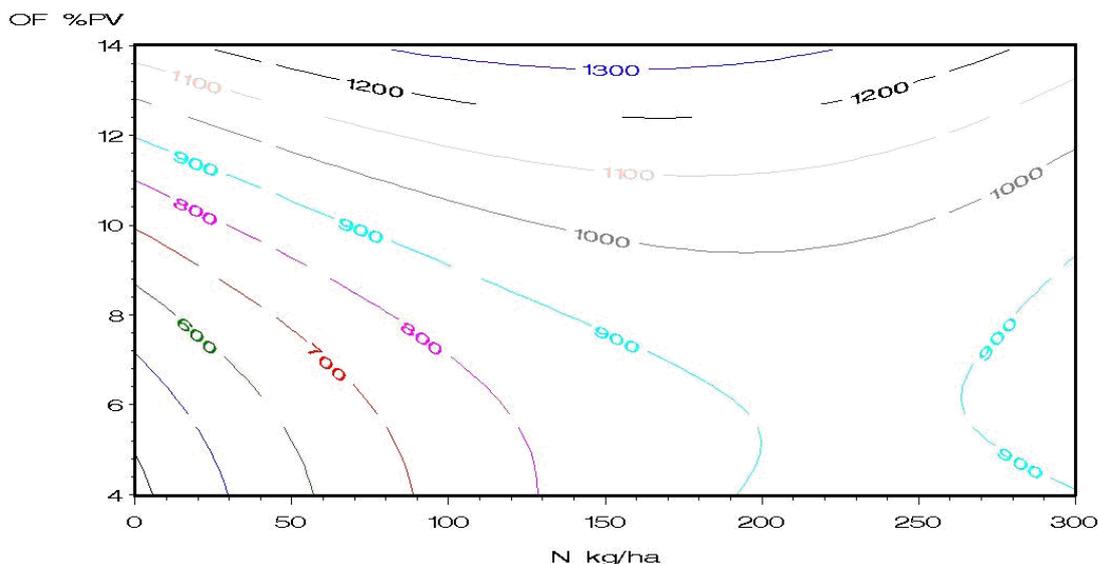


Figura 23. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FDes en kg/ha para el promedio de los inviernos.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 150,33$ y $\lambda_2 = -281,32$ indicando que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas de la variable a la OF.

En invierno, la manera de aumentar más rápido el consumo y por lo tanto el FDes es aumentando la OF, ya que la producción es baja en altas intensidades, aún en altas dosis de N. La causa de que el aumento de OF aumente el FDes es, como se mencionó anteriormente, el aumento de la producción invernal por esta vía. El FDes se aproxima al consumido cuando las cargas son altas y sobreestima el consumo a cargas bajas indicando ineficiencias en la defoliación por parte de los animales cuando la OF es alta (Marsh y Murdoch, Baker et al., citados por Stuth y Chmielewski, 1981). Stuth y Chmielewski (1981) obtuvieron que las variaciones del FDes diario fue explicado en un 67% por la OF diaria. Estos autores encontraron una relación significativa y positiva entre el FDes diario y la OF. Los autores

mencionados anteriormente concluyen que el manejo de la OF requiere manipulación de la cantidad de pasturas pastoreadas, días de pastoreo y carga.

4.2.3.5. Forraje desaparecido (%) del FD

El forraje desaparecido en % del FD para el promedio de los inviernos ajusta al modelo de superficie de respuesta $y = 50 + 0,11 N - 2,4OF + 1 \times 10^{-4} N^2 - 7 \times 10^{-3} OF \cdot N + 0,16 OF^2$, ($R^2 = 0,78$; $\alpha = 0,042$) (Apéndice 9).

Fueron significativos el efecto lineal del N, cuadrático de la OF y de la interacción $OF \cdot N$. El efecto medio es significativo para la OF.

Se encontró un PE de 43% de FDes en % cuando el N es 113 kg/ha y la OF es 10%.

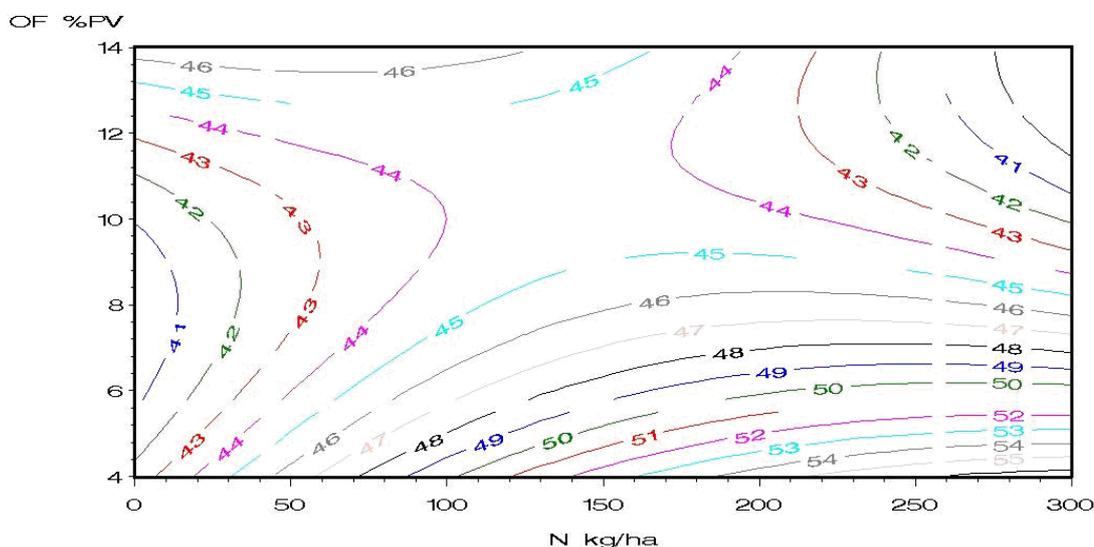


Figura 24. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FDes en % para el promedio de los inviernos.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 4,96$ y $\lambda_2 = -3,99$ indicando que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas de la variable ante variaciones en los niveles de N.

Sin agregado de N el FDes% es sensible a la OF cuando ésta aumenta a partir del 10%, antes la respuesta es poco sensible probablemente porque la propia producción invernal está limitando el FD para consumo animal. Aumentos en la OF aumentan el FD para ser cosechado a través de mayor FP (Figuras 20 y 21).

A bajas OF a medida que aumenta la cantidad de N agregado el FDes en % aumenta para luego hacerse poco sensible a este factor a dosis mayores de 150 kg/ha de N, asemejándose a la respuesta de producción de forraje invernal (Figura 20).

A medias y altas OF al agregar N el FDes% aumenta hasta establecerse una zona de no sensibilidad entre 100 y 180 kg/ha de N para empezar a disminuir con dosis mayores.

4.2.3.6. Carga animal (kg/ha de PV)

La carga animal para el promedio de los inviernos ajusta significativamente al modelo de superficie de respuesta, $y = 996 + 2 N - 121,8 OF - 3 \times 10^{-3} N^2 - 0,1 OF * N + 5,3 OF^2$. ($R^2 = 0,96$; $\alpha < 0,001$) (Apéndice 12).

Se encontraron efectos significativos lineales y cuadráticos de N y OF, siendo también significativos los efectos medios de ambos factores.

El PE fue de 362 kg/ha de PV cuando el N es 129 kg/ha y la OF es 12,6%.

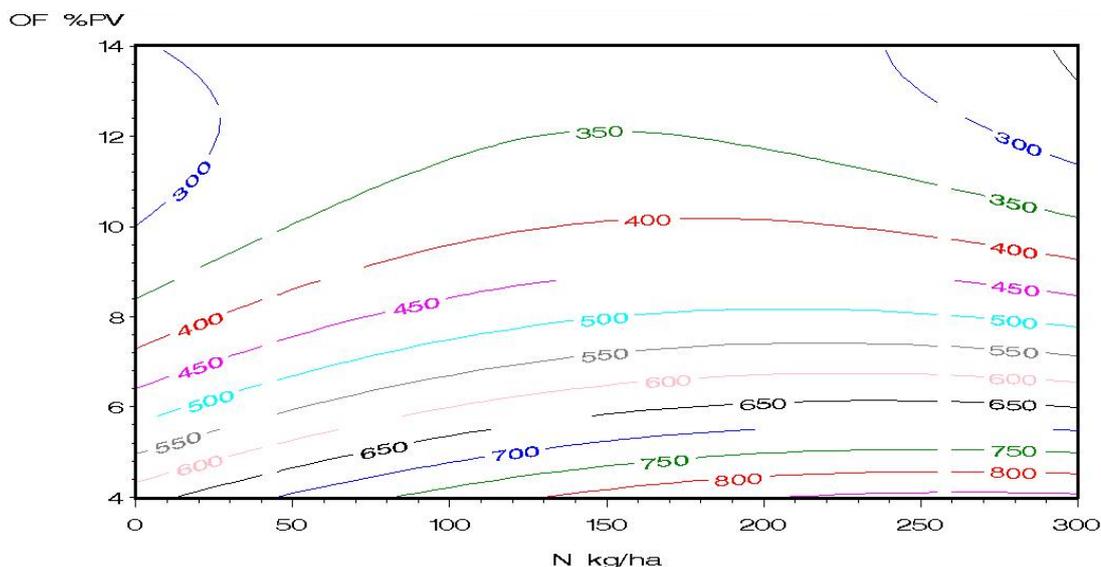


Figura 25. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre la carga animal en kg/ha de peso vivo para el promedio de los inviernos.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 139,11$ y $\lambda_2 = -80,30$ indicando que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas de la variable al N.

La carga animal en invierno se comporta de forma similar que en la primavera, con la diferencia que el FD es menor y por ende la receptividad de la pastura también lo es, traduciéndose así a menores cargas invernales. Al comparar la capacidad de carga entre estaciones queda comprobado que el otoño junto con el invierno son las estaciones que menos capacidad de carga soportan y por lo tanto, se desprende que al mantener una carga fija durante el año traerían desajustes entre estaciones con la utilización de forraje. Es por esto que la carga a lo largo del año debe ser variable, ajustándose al FD de cada estación. La vía ajuste de carga animal es la variación de la OF a lo largo del año por la ya expuesta relación directa.

4.2.3.7. Carga animal (UG/ha)

La carga animal en UG para el promedio de los inviernos se ajusta significativamente al modelo de superficie de respuesta $y = 2,6 + 5,3 \times 10^{-3} N - 0,32 OF - 8,5 \times 10^{-6} N^2 - 2,5 \times 10^{-4} OF \cdot N + 0,01 OF^2$, ($R^2 = 0,96$; $\alpha < 0,001$) (Apéndice 14).

Se encontraron efectos significativos lineales y cuadráticos de N y OF, y efectos significativos cruzados OF*N. Los efectos medios de ambos factores fueron significativos.

Se encontró un PE de 0,95 UG/ha cuando el N es 127 kg/ha y la OF es 12,6%.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 0,36$ y $\lambda_2 = -0,21$ indicando que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas de la variable al N.

4.2.3.8. Kg de forraje desaparecido / 100 de PV

Los kg de forraje desaparecido / 100 kg de PV para el promedio de los inviernos ajustó al modelo de superficie de respuesta $y = -0,24 + 6,9 \times 10^{-3} N + 0,19 OF - 9,3 \times 10^{-6} N^2 - 4,8 \times 10^{-4} OF \cdot N + 6,5 \times 10^{-3} OF^2$ ($R^2 = 0,95$; $\alpha < 0,001$) (Apéndice 16).

Se encontraron efectos lineales significativos para N, mientras que para la OF fue significativo el efecto medio.

Se encontró un PE de 1% cuando el N es 379 kg/ha y la OF es -0,3%, estando dichos valores se encuentran fuera del rango de estudio.

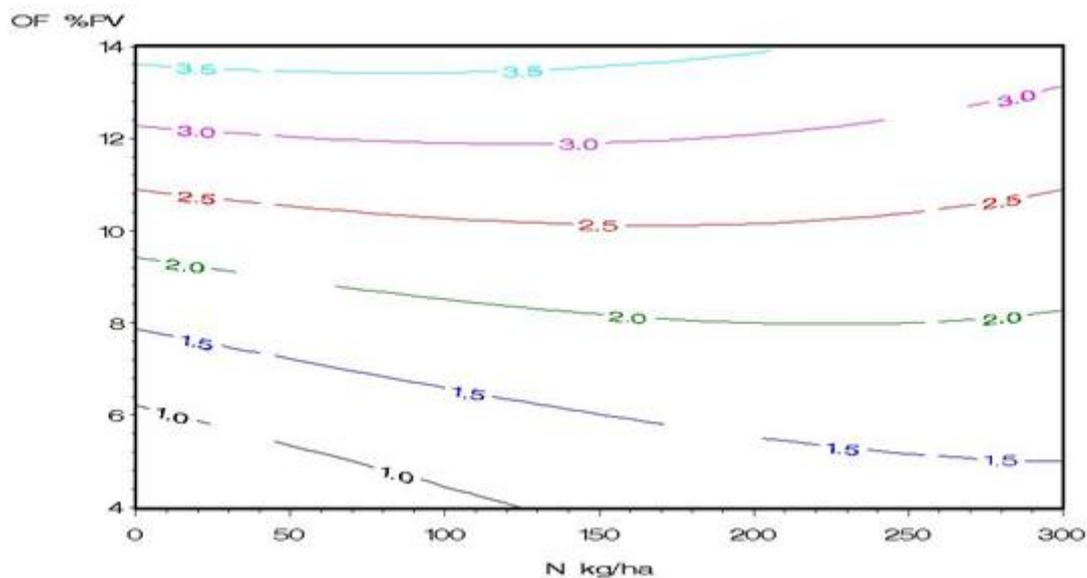


Figura 26. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre los kg de FDes / 100 kg de PV para el promedio de los inviernos.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 0,23$ y $\lambda_2 = -0,28$ indican que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas de la variable a la variación de la OF.

En el invierno, también se visualiza el efecto de la OF como predominante sobre esta variable. A diferencia de las otras estaciones estudiadas, el efecto del N es claro desde OF bajas hasta medias, aumentando el FDes /100 kg PV a estos niveles de OF. Esto podría ser consecuencia de que se levanta la restricción del FD con el agregado de N, al incrementar el FP a altas intensidades de pastoreo.

4.2.4. Primavera

4.2.4.1. Forraje producido (kg/ha)

El forraje producido para el promedio de las primaveras se ajusta significativamente al modelo de superficie de respuesta $y = 587 + 23,8 N + 370,5 OF - 0,04 N^2 - 0,07 OF*N + 0,67 OF^2$, ($R^2 = 0,73$; $\alpha = 0,081$) (Apéndice 3).

Se detectaron efectos significativos lineal y cuadrático para el N, siendo la estación del año que presenta la mayor respuesta lineal al agregado de N con 24 kg/ha de MS por kg/ha de N aplicado. Esto es superior a lo reportado por Boggiano et al. (2000b) con una EUN de 6 kg/ha de MS.

También se detecta efecto significativo de la interacción N*OF y los efectos medios de ambos factores.

El PE es 4604 kg/ha de MS que se da cuando el N agregado es 263 kg/ha y la OF es 4,8%.

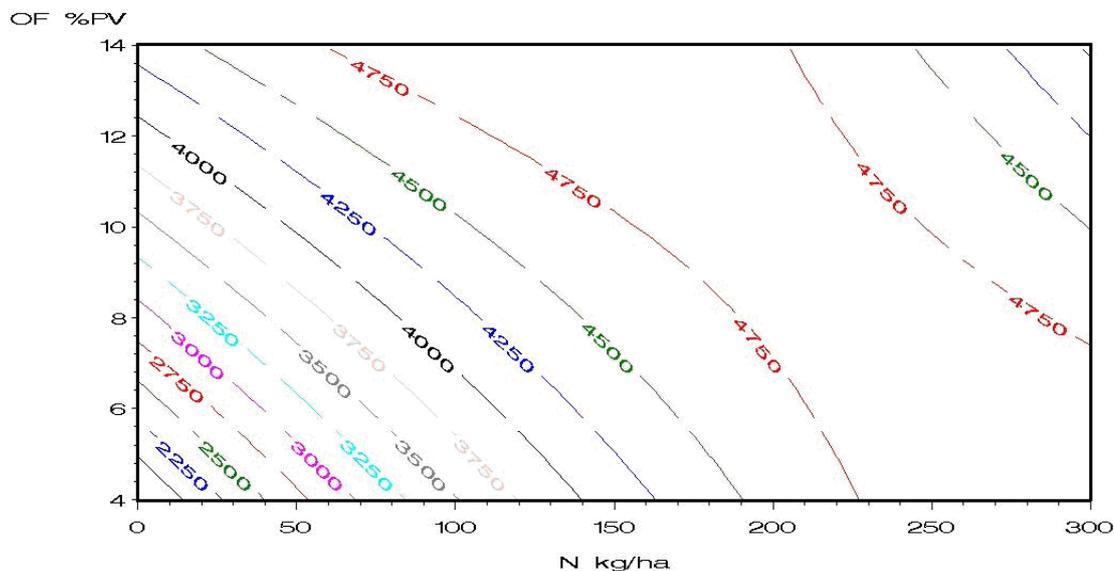


Figura 27. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FP en kg/ha para el promedio de las primaveras.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 104,49$ y $\lambda_2 = -1009,23$ indicando que la respuesta en el PE es del tipo mini-máx., con un mínimo para N y un máximo para OF, siendo las respuestas más sensibles a variaciones en la OF.

En Figura 27 puede verse que a bajos niveles de ambos factores la respuesta en FP a la modificación de estos es rápida. Esta respuesta se hace menos sensible a medida que ambos niveles aumentan observándose que a altos niveles de N la producción decrece al aumentar la OF, similar respuesta a la producción del promedio de los años (Figura 3).

La reducción observada en la producción al aumentar la OF, puede deberse según Nabinger (1998), a que con altas OF el tejido remanente luego del pastoreo presenta mayor proporción de tejido viejo de menor eficiencia fotosintética. Además, el tejido joven al formarse en condiciones de baja luminosidad presenta baja eficiencia fotosintética aún en óptimas condiciones de luz. Según Parsons, citados por Nabinger (1998), con altas

OF la tasa de senescencia aumenta, hasta un punto en el que puede igualarse a la tasa de crecimiento, haciendo que la producción neta sea nula o disminuya.

Según ilustró Brougham, citado por Nabinger (1998) muy bajas OF determinan un gran aumento en el tiempo necesario para que la pastura llegue a un IAF capaz de interceptar la mayor parte de la radiación incidente, y por lo tanto, la producción en períodos de descanso fijos es menor. Boggiano et al. (2011) trabajando con distintas OF encontraron que a mayor OF se alcanza la máxima PAR absorbida en menos tiempo, sugiriendo ajustes en el período de descanso dependiendo de la OF. Este tipo de soluciones fueron también reportadas por Chapman y Lemaire (1993) que confirman la necesidad de adecuar los ritmos de defoliación al variar la velocidad de crecimiento de la pastura para lograr respuestas eficientes. Lemaire (1997) indica que fertilizaciones nitrogenadas estimulan el crecimiento de la pastura requiriendo ajustes en los ritmos de utilización, a riesgo de deprimirse la producción si no se realizan.

Se aprecia un efecto compensatorio entre los factores, lográndose las mismas producciones con combinaciones diferentes de OF y N.

4.2.4.2. Forraje disponible (kg/ha)

El forraje disponible para el promedio de las primaveras ajusta significativamente al modelo de superficie de respuesta $y = 474 + 12,8 N + 251OF - 0,02 N^2 - 0,60 OF*N - 3,51 OF^2$ ($R^2 = 0,85$; $\alpha = 0,014$) (Apéndice 5).

Se detectaron efectos significativos lineales para N y OF y cuadráticos del N, así como también de la interacción N*OF.

El PE es de 2097 kg/ha de MS cuando el N es 657 kg/ha y la OF es - 20,6%, quedando el PE fuera del rango estudiado.

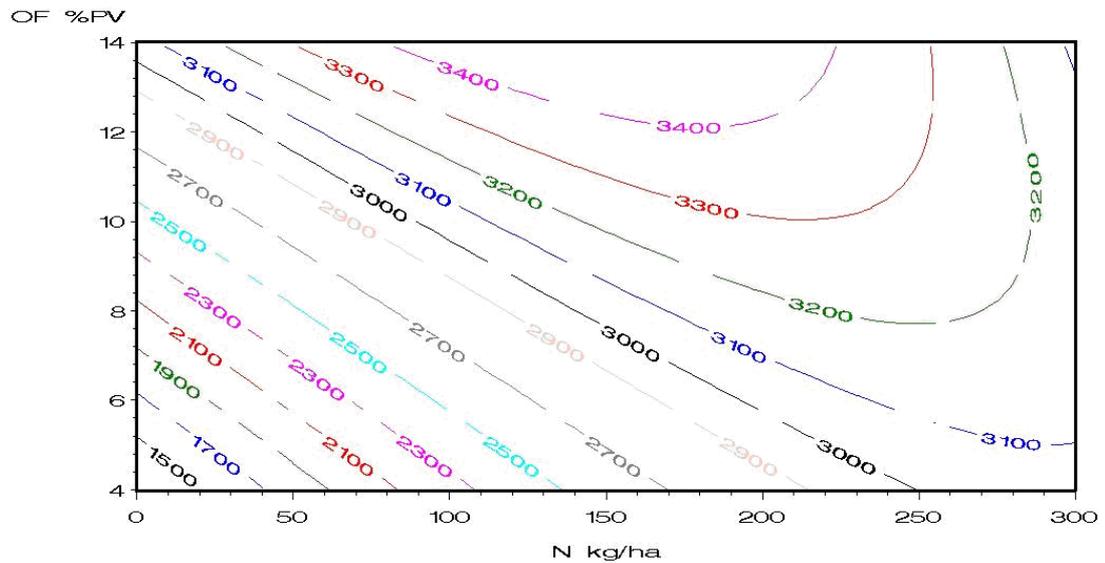


Figura 28. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FD en kg/ha para el promedio de las primaveras

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 24,09$ y $\lambda_2 = -542,40$ indicando que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas de la variable al último factor mencionado.

El aumento en el FD por aumento en ambos factores se da en niveles bajos de estos, hasta un punto donde incrementos en el FD a altas OF se dan con la reducción en los niveles de N aplicado, esto reflejaría la interacción significativa de los factores estudiados.

Puede decirse que el FD promedio de la estación está explicado en su mayor parte por el FP que por el FR. Esto se puede ver en la Figura 28, donde en la zona de dosis menores a 150 kg/ha de N combinado con cualquier OF el FD es muy sensible a cambios en dichas variables, explicado por las altas tasas de crecimiento en la estación. A dosis de N mayores a 150 kg/ha, el FP tiene una respuesta más errática que se debe principalmente el FR del pastoreo anterior.

4.2.4.3. Forraje remanente (kg/ha)

El forraje remanente para el promedio de las primaveras se ajusta al modelo de superficie de respuesta $y = 678 + 0,53 N + 15 OF - 1,2 \times 10^{-3} N^2 + 0,01 OF \cdot N + 1,0 OF^2$ ($R^2 = 0,91$; $\alpha = 0,003$) (Apéndice 1).

El efecto medio de la oferta OF fue significativo, no pudiéndose cuantificar su magnitud debido a la falta de significancia de los coeficientes.

El PE es -16 kg/ha de MS que se da cuando el N agregado es 69 kg/ha y la OF es -26% , quedando la OF fuera del rango de estudio.

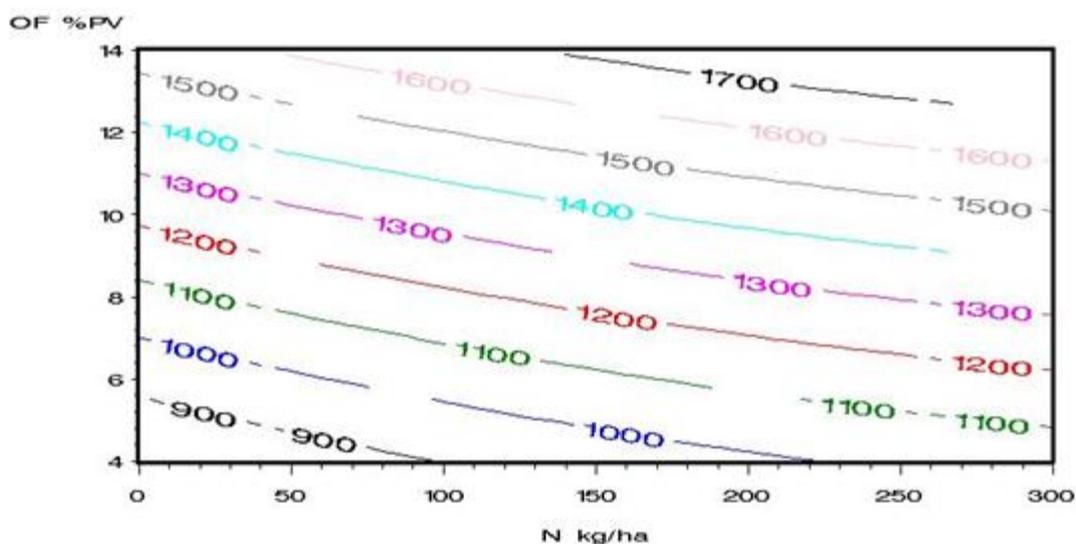


Figura 29. Efecto de la oferta de forraje (OF%PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FR en kg/ha para el promedio de las primaveras.

Las raíces características de la ecuación de regresión de la forma canónica son $\lambda_1 = 27,66$ y $\lambda_2 = -27,46$ e indican que la respuesta en el PE es una silla, o sea con un mínimo para N y un máximo para OF, siendo los cambios en la variable de respuesta igual de sensibles a las variaciones en los niveles de los factores.

En este caso, se vuelve a mostrar, al igual que para el promedio de los años y estaciones, la dependencia que presenta el FR a las modificaciones en la OF.

4.2.4.4. Forraje desaparecido (kg/ha)

El forraje desaparecido para el promedio de las primaveras se ajusta al modelo de superficie de respuesta $y = -204 + 12,3 N + 195OF - 0,02 N^2 - 0,62 OF*N - 4,6 OF^2$, ($R^2 = 0,81$; $\alpha = 0,026$) (Apéndice 7).

Se detectaron efectos significativos lineales para N y OF y cuadráticos para N, así como también de productos cruzados OF*N. Los efectos medios de ambos factores fueron significativos.

Se encontró un PE de 1811 kg/ha de MS que se da cuando el N agregado es 159 kg/ha y la OF es 10,7%.

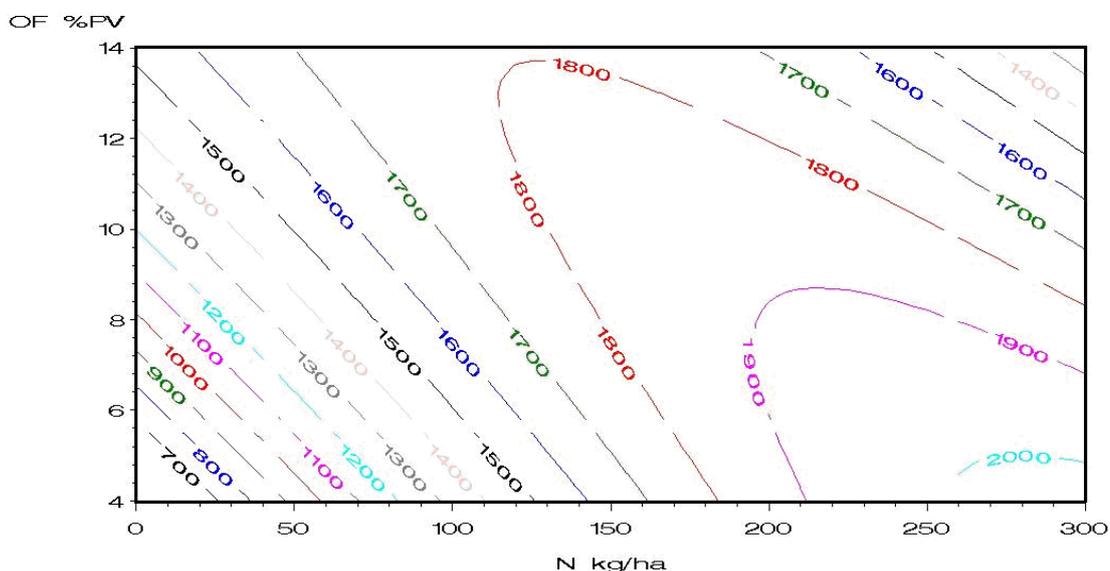


Figura 30. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FDes en kg/ha para el promedio de las primaveras.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 13,40$ y $\lambda_2 = -531,74$ indicando que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas de la variable al último factor mencionado.

El comportamiento del FDes en la estación es similar al explicado en el promedio de los años, ya que a altos niveles de N poco es el cambio al variar la OF. Además a bajas OF, el aumento en los niveles de N aumenta sensiblemente el FDes.

Sin embargo, hay aspectos propios de la estación, en primer lugar el FDes de la primavera es mucho mayor que el promedio anual, debiéndose a que es la estación que presenta mayor FD. Además, es claro la mayor sensibilidad a cambios en factores, principalmente al N, explicado por las respuestas más altas que presenta la primavera en FP.

Con niveles muy altos de OF y de N, el FDes tiende a disminuir. Esto puede deberse en primer lugar a que el FP disminuye, y por lo explicado anteriormente el FDes copia la gráfica de FP. En segundo lugar, si bien el FP es menor, también puede explicarse por su composición. Anteriormente se ha explicado que a altos niveles de estos factores aumenta la tasa de crecimiento sin remoción dándose el sombreado de los estratos inferiores y por lo tanto aumentando el forraje senescente, que el animal lo rechaza impidiendo su consumo. Por esto se da el proceso de selección-rechazo, en el que al tener mucho forraje el animal selecciona lo verde que cumple con sus requerimientos nutricionales, pero en cantidad, lo consumido es menor.

4.2.4.5. Forraje desaparecido (%) del FD

El forraje desaparecido en % del FD para las primaveras promedio ajustó al modelo de superficie de respuesta y $= 44 + 0,16 N + 1OF + 2 \times 10^{-4} N^2 - 9 \times 10^{-3} OF \cdot N - 0,04 OF^2$ ($R^2 = 0,90$; $\alpha = 0,004$) (Apéndice 9).

Se encontraron efectos lineales y cuadráticos para N, así como también interacción significativa entre los factores estudiados. Tanto los efectos medios del N y OF fueron significativos.

Se determinó un PE de 47% del FDes% cuando el N es -114 kg/ha y la OF es 24%, estando el PE fuera del rango de estudio.

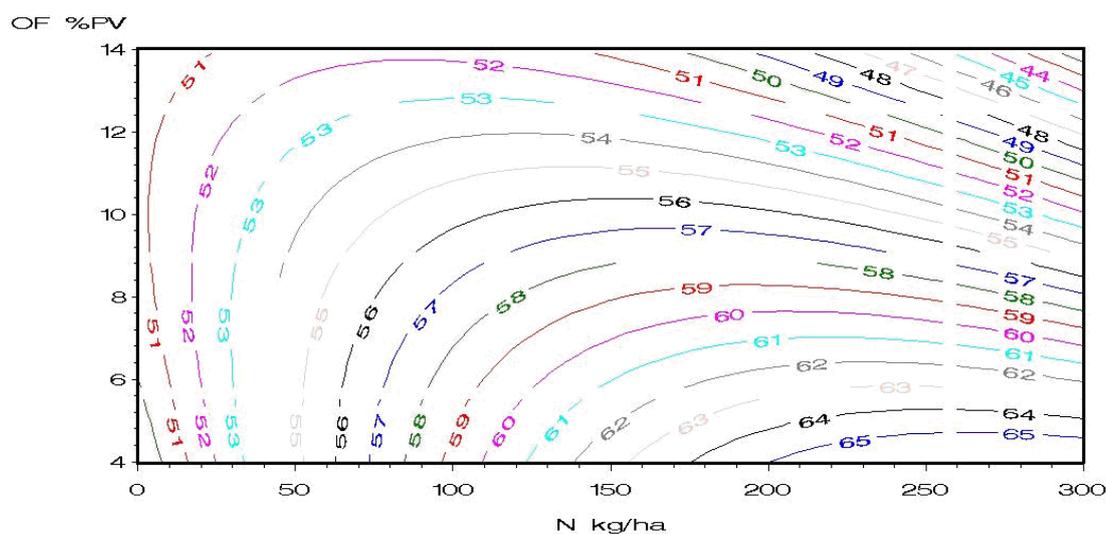


Figura 31. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FDes en % para el promedio de las primaveras.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 0,80$ y $\lambda_2 = -6,89$ indicando que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas de la variable a la OF.

A bajas dosis de N, la OF no tiene casi efecto en el FDes, probablemente ya que al aumentar la OF aumenta el FDes total y el FD de manera proporcional, por lo tanto la proporción expresada en porcentaje no varía.

En la primavera se da el pasaje al estado reproductivo de la mayoría de las especies que componen el tapiz, que frente a mayores OF determinan cambios hacia una estructura más erecta que la hace más disponible y de mayores tasas de crecimiento. A bajas OF el FDes aumenta sensiblemente a agregados de N hasta 150 kg/ha, luego esta tendencia cambia haciéndose muy poco sensible a mayores agregados de N. En altos niveles de N el FDes aumenta con reducciones de la OF.

4.2.4.6. Carga animal (kg/ha de PV)

La carga animal expresada en kg/ha de PV para el promedio de las primaveras ajustó significativamente al modelo de superficie de respuesta $y = 1294 + 4,94 N - 146 OF - 5 \times 10^{-3} N^2 - 0,3 OF \cdot N + 6,9 OF^2$ ($R^2 = 0,94$; $\alpha < 0,001$) (Apéndice 12).

Se detectaron efectos significativos lineales y cuadráticos de N y OF, y de la interacción OF*N. Los efectos medios del N y la OF son significativos.

Para las coordenadas $N = 107$ kg/ha y $OF = 12,9\%$ se determinó un PE de 617 kg/ha de PV.

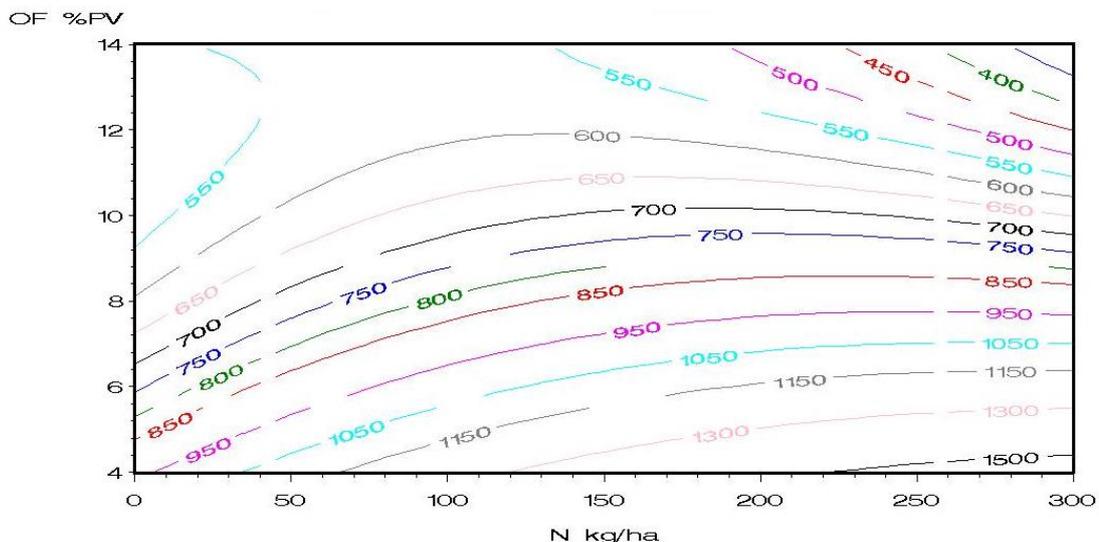


Figura 32. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre la carga animal en kg/ha de peso vivo para el promedio de las primaveras.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 209,15$ y $\lambda_2 = -155,92$ indicando que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas de la variable al N.

En el promedio de las primaveras la tendencia es la misma que en el promedio de los años. Es decir, con OF más bajas y mayor N la capacidad de carga de la pastura es mayor, siendo más rápida la respuesta al variar la OF que el N. Además de esto, se puede ver como a una OF constante la capacidad de carga aumenta con el agregado de N, coincidiendo con Mott et al. (1970). Con OF más bajas la respuesta al agregado de N es mayor que a altas OF, esto se debe a aumentos rápidos en la producción, ya que la tasa de crecimiento es sensible al N como se puede ver en la Figura 27. Boggiano (2000a) obtuvo un aumento de 500 kg/ha/día al aumentar el N a bajas OF, valor similar al que se puede visualizar en este trabajo con OF de 6% PV y 300 kg/ha de N (Figura 32).

4.2.4.7. Carga animal (UG/ha)

La carga animal en UG para el promedio de las primaveras se ajusta significativamente al modelo de superficie de respuesta $y = 3,4 + 0,01 N - 0,38 OF - 1,4 \times 10^{-5} N^2 - 8 \times 10^{-4} OF \cdot N + 0,02 OF^2$, ($R^2 = 0,94$; $\alpha < 0,001$) (Apéndice 14).

Se encontraron efectos significativos lineales y cuadráticos para N y OF y para la interacción N*OF. Los efectos medios de ambos factores fueron significativos.

Se encontró un PE de 1,62 UG/ha cuando el N es 108 kg/ha y la OF es 12,9%.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = 0,55$ y $\lambda_2 = -0,41$ indicando que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas de la variable al N.

4.2.4.8. Kg de forraje desaparecido / 100 kg de PV

Para el promedio de las primaveras los kg de forraje desaparecido / 100 kg de PV ajustó al modelo de superficie de respuesta $y = -0,38 + 5,2 \times 10^{-3} N + 0,33 OF - 1 \times 10^{-5} N^2 - 2 \times 10^{-4} OF \cdot N - 5,9 \times 10^{-3} OF^2$ ($R^2 = 0,96$; $\alpha < 0,001$) (Apéndice 16).

Se encontraron efectos lineales significativos para N, mientras que para la OF fueron significativos los efectos medios.

Se encontró un PE en 4,4% cuando el N es -26 kg/ha y la OF es 28%, estando ambos valores fuera del rango de estudio.

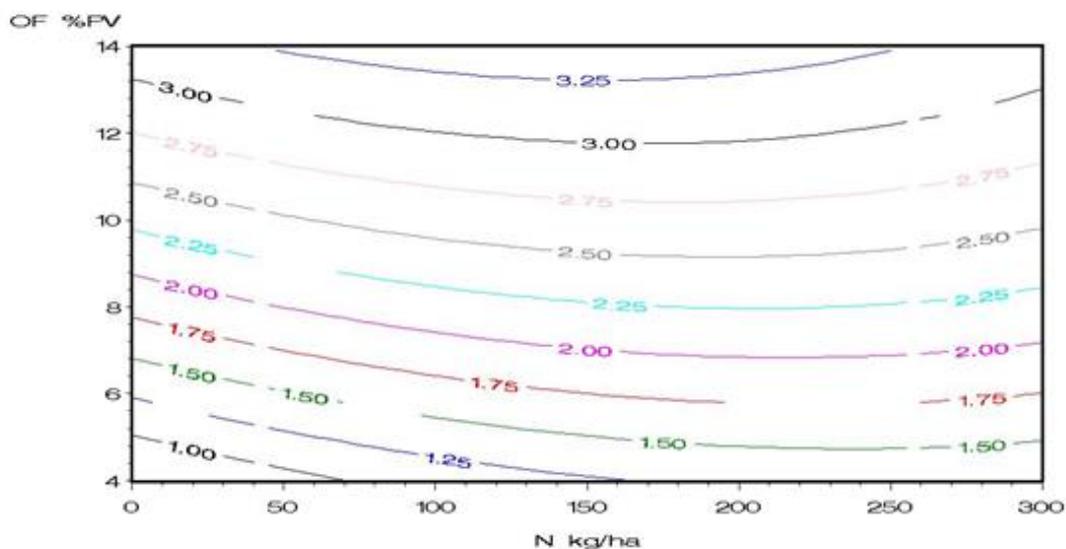


Figura 33. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre el FDes en kg / 100 kg de PV para el promedio de las primaveras.

Las raíces características de la forma canónica de la ecuación de regresión son $\lambda_1 = -0,11$ y $\lambda_2 = -0,28$ e indican que la respuesta en el PE es un máximo, siendo mayores las respuestas a la variación de la OF.

La respuesta del FDes en % /100 kg PV del promedio de las primaveras presenta gran similitud con la anual (Figura 9), presentando valores similares.

4.3. ESTACIONALIDAD DE LA PRODUCCIÓN

La estacionalidad de la producción solo ajustó significativamente en verano al modelo de superficie de respuesta $y = 59 - 0,087 N - 2,64OF - 6,1 \times 10^{-5} N^2 + 0,007 OF \cdot N + 0,035 OF^2$ ($R^2 = 0,83$; $\alpha = 0,021$) (Apéndice 11).

Se detectaron efectos lineales para N y OF, así como también efectos de interacción para OF*N. El efecto medio fue significativo para la OF.

Se encontró un PE de 35,7% cuando el N agregado es 317 kg/ha y la OF es 7%, estando el N fuera del rango estudiado.

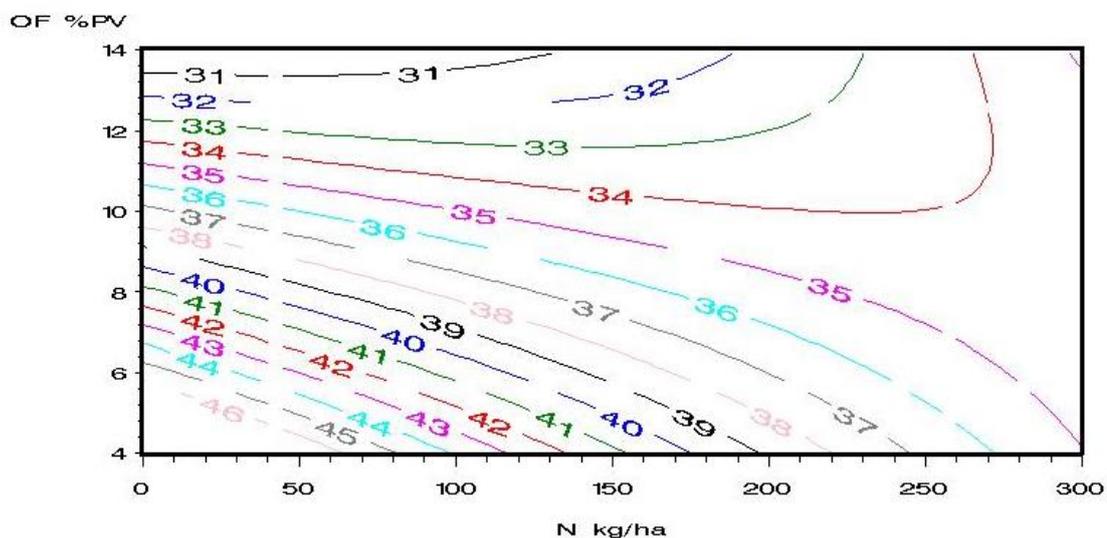


Figura 34. Efecto de la oferta de forraje (OF %PV) y nivel de fertilización nitrogenada (N kg/ha) sobre estacionalidad de la producción en % para el verano

Las raíces características de la forma canónica de ecuación de regresión son $\lambda_1 = 241,61$ y $\lambda_2 = -586,31$ indicando que la respuesta en el PE es una silla, con un mínimo para N y un máximo para OF siendo mayores las respuestas de la variable al último factor mencionado.

Como puede verse en la Figura 34, la estacionalidad en el verano aumenta a medida que disminuyen ambos factores, coincidiendo con lo que ocurre en los campos naturales del Uruguay, donde se utilizan bajas OF y no se aplica N, provocando una estacionalidad marcada en el verano y reduciéndose así la proporción de especies invernales. El uso de cargas animales altas por períodos prolongados de pastoreo provoca la sustitución de especie invernales por especies estivales (Millot et al., 1987).

A altas OF, la estacionalidad es poco sensible al agregado de N, presentando una leve tendencia a aumentar. Este aumento es debido a que a altas OF y altos niveles de N el material senescente aumenta mucho y se difiere al otoño, interfiriendo en el crecimiento de las especies invernales.

Distinto es lo que ocurre a OF medias y bajas, donde la estacionalidad disminuye a medida que aumenta el nivel de N, coincidiendo con Bottaro y Zavala (1973) que expresan que la estacionalidad se puede ver modificada con el agregado de N, haciéndola más homogénea.

Las respuestas obtenidas en otoño, invierno y primavera no ajustaron a los modelos de superficie de respuesta. El análisis de respuestas a los factores N y OF por separados no presentan relaciones funcionales significativas, salvo en invierno. En esta estación, el % de producción invernal ajusta a una regresión lineal con OF siendo $y = 0,49 \text{ OF} + 10,11$ ($R^2 = 0,37$; $\alpha = 0,012$). No obstante la regresión es significativa, la OF explica una baja proporción de la variación del % del forraje entregado en invierno, indicando que otros factores están pesando en esta respuesta, como los diferentes niveles de nitrógeno a que se combinan los niveles de OF.

4.4. CONSIDERACIONES FINALES

El presente trabajo permitió evaluar la producción del campo natural sometido a niveles de fertilización nitrogenada y oferta de forraje.

La producción de forraje anual al igual que en la primavera, mostraron una clara respuesta, aumentando al incrementarse la OF y el nivel de N, desde niveles bajos. Sin embargo, cuando el agregado de N es alto, la producción aumenta al disminuir los niveles de OF, evidenciando así la interacción entre N y OF. A altas dosis de N la pastura tiene una rápida recuperación del IAF, comenzando antes la acumulación de hojas senescentes y el sombreado sobre los estratos inferiores, reduciendo la eficiencia fotosintética de las pastura.

La producción de invernada presenta similares respuestas sin decrecer la producción a altos niveles de los factores, mostrando menor sensibilidad en las respuestas que en la primavera. Esto se explicaría porque los componentes involucrados en el crecimiento vegetal están disminuidos; el PAR incidente es menor y los procesos por los que se rige el N se ven enlentecidos por las bajas temperaturas. Además, los días de descanso utilizados en el presente trabajo son inferiores a la vida media de los macollos de las principales especies invernales, impidiendo así la recuperación de la pastura antes del siguiente pastoreo, a los niveles menores de los factores. Por todo esto, los niveles de producción obtenidos en invierno son la mitad de los de primavera. En base a las respuestas obtenidas el uso de la pastura teniendo en cuenta la sustentabilidad de ésta, debería manejarse alrededor de los niveles medios de ambos factores, donde se aprecia una zona de compensación de efectos, aumentando uno si por alguna razón se debe disminuir el otro.

En cuanto a las estaciones restantes, a diferencia de las anteriores no tienen una tendencia clara de respuesta. En el verano, la ausencia de lluvias en la mayoría de los veranos estudiados y el momento de fertilización otoño-invernada, significaron una respuesta errática en la producción de forraje al N. La respuesta a la OF tampoco se evidenció, causado probablemente porque el período de descanso estival utilizado en el trabajo fue igual a la vida media de los macollos de la principal especie estival de la pastura (30 días), *Paspalum notatum*, diluyendo así los efectos de la OF sobre la producción de forraje.

Con respecto al otoño, la falta de respuesta al N pudo llegar a darse porque el momento de aplicación del fertilizante junto con la salida de la latencia estival de las especies invernales, impide que al inicio de la estación se tenga una respuesta clara. Se observó una respuesta cuadrática de la producción de forraje a la OF, al levantarse las restricciones de la estación

estival como la ocurrencia de mayores lluvias (verano 2005). En ese verano las lluvias permitieron observar una respuesta clara, principalmente al N.

Al analizar el FR, la respuesta fue más clara ya que, a no ser por el otoño, tanto el FR anual como de las otras estaciones mostraron que el FR es principalmente dependiente de la OF, donde mayores OF se traducen en mayores remanentes. Esto se explicaría ya que la OF es el que determina la intensidad de pastoreo y por lo tanto, lo que queda de forraje después de éste. El otoño, si bien no mostró una respuesta en primera instancia, al analizar los factores por separado, mostró una respuesta lineal positiva significativa a la OF, lo que coincide con las respuestas de las demás estaciones.

El FD está compuesto por el FR y el FP. Partiendo de lo general a lo particular, el FD aumenta al aumentar ambos factores hasta niveles medios, luego comienza a ser menos sensible al agregado de N, respondiendo en mayor medida a los cambios en la OF. Al analizar cada tendencia por separado, se aprecia que hasta niveles medios de N los aumentos en la producción de forraje explican los aumentos en el FD, mientras que aumentos en la OF aumentan el FD afectando el FP y la remanente. Al seguir aumentando el N, se distingue un cambio de tendencia, que hace el FD menos sensible a este. Esta última probablemente se explique por cambios en las tasas de crecimiento y senescencia de los tejidos al llegar a un IAF óptimo, manteniéndose constante ya que la tasa de aparición de hojas y senescencia se igualan.

El FDes en líneas generales copia la respuesta del FP, pudiendo constatar la dependencia de la primera variable sobre la segunda. Por esto se visualiza un rápido aumento del FDes cuando se parte desde niveles bajos de los factores, evidenciando que a bajos niveles, el FP a través de su peso sobre el FD, influye el consumo animal, para luego ir haciéndose menos sensible. La respuesta cambia de tendencia cuando el agregado de

N es alto conjuntamente con altas OF, disminuyendo el FDes. Esto también es influenciado por la reducción del FP, así como la disminución en la carga.

A diferencia de las otras estaciones, el FDes en invierno no presenta una disminución en su respuesta, principalmente porque el FP tampoco lo hace. Además, para lograr aumentos rápidos en el FDes se debe aumentar la OF ya que es la forma en que se aumenta la producción en la estación.

En FDes en términos porcentuales relaciona cuánto del FD desaparece luego del pastoreo. En términos generales, las mayores respuestas son a la OF, donde a menores OF el % de FDes es mayor, ya que mayores intensidades de pastoreo se traducen en mayor forraje desaparecido; con mayores OF comienza el proceso de selección por parte del animal disminuyendo la utilización de la pastura.

Con respecto a la respuesta al N, este factor interacciona con la OF, a bajas OF el agregado de N incrementa el % de FDes ya que hace más erecta la pastura y por lo tanto más accesible. Cuando las OF son altas, la tendencia cambia, disminuyendo el % de FDes con el agregado de N, explicado principalmente ya que a altos niveles de OF y N el FD disminuye por disminuciones en la producción, y además las altas OF se traducen en menor carga. Esta tendencia de disminución a altas OF con el N no sucede en la estación de verano, probablemente porque el efecto del N en el FP es de baja incidencia y por lo tanto poco explica al % de FDes.

Las variables anteriores determinan cuánta carga puede llevar una pastura, ya que, el forraje utilizable, determina la cantidad de forraje a ser distribuida a los animales. Por esto, la carga animal aumenta al bajar la OF, ya que la primera es consecuencia directa de la segunda; a mayor intensidad de pastoreo mayor es la cantidad de animales, debido a que menor cantidad de forraje es destinado por animal y por lo tanto más kg de PV/ha. El N interacciona con la OF ya que a bajas OF el agregado de N hace que la carga aumente levemente, principalmente por aumentos en la

producción y estructura más accesible del forraje en intensidades altas de pastoreo. Por lo tanto hay más forraje utilizable y menos ofertado por animal, siendo a bajas OF y alto N donde se dan las máximas cargas.

El FDes / 100 kg de PV permite relacionar el concepto cantidad de forraje con el animal, siendo la única en este trabajo que expresa el vínculo pastura-animal. La tendencia, a grandes rasgos en todos los períodos estudiados es clara, el FDes / 100 kg PV aumenta a mayores OF. Esta tendencia se fundamenta en el hecho de que la OF rige directamente los kg/ha de PV sobre la pastura y la carga varía más que el FD y que el FDes al aumentar la OF. Por lo tanto, mayores OF se traducen en mayores kg de FD por animal. El efecto del N es menos marcado, siendo su mayor efecto desde niveles bajos de N y OF, donde el agregado de niveles moderados de N incrementan el FDes por aumentos en el FD en respuesta a incrementos en la producción, además de hacerse la pastura más accesible.

5. CONCLUSIONES

La producción de forraje anual y primaveral muestra una interacción entre OF y N ya que aumenta al incrementar los factores desde niveles bajos, sin embargo cuando el agregado de N es alto, el FP aumenta al disminuir la OF. La producción invernal presenta similar respuesta sin evidenciarse la disminución a niveles altos de los factores. El efecto residual de la fertilización nitrogenada no se detectó en verano y otoño, presentando una respuesta poco clara.

El FR es consecuencia de la OF, donde mayores OF se traducen en mayor FR. El N poco influye en esta variable.

El FD aumenta al aumentar ambos factores hasta niveles medios de éstos. Luego comienza a ser insensible al agregado de N, respondiendo en mayor medida a cambios en la OF.

El FDes generalmente tiene una respuesta similar al FP, ya que la primera depende de la segunda. A bajos niveles de los factores el aumento es rápido, mientras que a mayores niveles se hace menos sensible para luego cambiar la tendencia, disminuyendo con altos agregados de N y altas OF. Esta última tendencia no se aprecia en invierno, ya que no disminuye el FDes sino que baja su sensibilidad frente a agregados de N.

El FDes en % del FD registra una interacción entre los factores. Cuando las OF son bajas el agregado de N incrementa el FDes en % mientras que, a OF altas, el agregado de N revierte esta tendencia, disminuyendo el FDes en %.

La carga animal presenta una gran dependencia de la OF, aumentando la primera a medida que la segunda es menor. El N actúa de forma positiva a bajas OF, aumentando la receptividad de la pastura, esto se revierte a altas OF.

El FDes / 100 kg PV aumenta a mayores OF, donde mayores OF se traducen en mayores kg de FD por animal. La respuesta al N no es tan acentuada, teniendo su mayor efecto a bajos niveles de OF, aumentando el FDes / 100 kg PV por aumentos en el FP.

Basándonos en la respuesta biológica de la producción de forraje frente a cambios en la OF y la dosis de N aplicada, se concluye como conveniente la fertilización nitrogenada del campo natural. Esta práctica debería estar acompañada de un manejo de pastoreo que permita una continua remoción del forraje reduciendo las pérdidas por senescencia. La fertilización en estos suelos debería realizarse en otoño-invierno con el fin de promover las especies invernales del tapiz vegetal y así obtener mayores producciones de forraje en los períodos de mayor crisis forrajera (otoño e invierno). La viabilidad económica de esta práctica no fue evaluada en el presente trabajo; pero debe tenerse en cuenta a la hora de tomar la decisión de fertilizar.

6. RESUMEN

El estudio fue realizado sobre una pastura natural en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) de la Facultad de Agronomía, ubicada en el km 363 de la ruta nacional no. 3, departamento de Paysandú, longitud 32°23'58" S y latitud 58°02'42" O, desde el 21 de agosto de 2001 hasta el 6 de abril de 2005. El modelo experimental fue central compuesto rotacional, en dos bloques, con dos factores a cinco niveles cada uno: fertilización nitrogenada: 0, 44; 150; 256; 300 kg por ha de nitrógeno (N) y oferta de forraje (OF): 4,0; 5,5; 9,0; 12,5 y 14,0 kg MS/ 100 kg de peso vivo animal por día. El pastoreo fue rotativo, con duración de los ciclos de pastoreo para primavera-verano de 40 días con períodos de pastoreo de 5 días y para otoño-invierno el ciclo de pastoreo fue de 50 días con períodos de pastoreo de 5 días y períodos de descanso de 45 días, dependiendo de la OF disponible en el momento de ingresar los animales. El FP anual y primaveral, mostraron una clara respuesta, aumentando al incrementarse ambos factores desde niveles bajos. Sin embargo, cuando el agregado de N es alto, la producción puede aumentar al disminuir los niveles de OF, evidenciando así la interacción entre N y OF. La producción invernal presenta similares respuestas sin decrecer la producción a altos niveles de los factores. Las estaciones de verano y otoño no presentaron una respuesta clara a ambos factores. El FR presentó una respuesta clara ya que, a no ser por el otoño, todos los períodos estudiados mostraron que el FR es principalmente dependiente de la OF, donde mayores OF se traducen en mayores remanentes. El otoño, si bien no mostró una respuesta en primera instancia, al analizar los factores por separado, mostró una respuesta lineal positiva a la OF, lo que coincide con las respuestas de las demás estaciones. El FD aumenta al incrementar ambos factores hasta niveles medios, luego comienza a ser insensible al agregado de N, respondiendo en mayor medida a los cambios en la OF. El FDes en líneas generales copia la respuesta del FP. Se visualiza un rápido aumento del FDes cuando se parte

desde niveles bajos de los factores pero la respuesta cambia de tendencia cuando el agregado de N es alto conjuntamente con altas OF, decayendo el FDes. Sin embargo, el FDes en invierno no presenta una disminución en su respuesta, principalmente porque el FP tampoco lo hace. En cuanto a el FDes en % en función del FD, las mayores respuestas son a la OF, donde a menores OF el FDes en % es mayor, ya que mayores intensidades de pastoreo se traducen en mayor consumo; pero con mayores OF comienza el proceso de selección por parte del animal disminuyendo la utilización de la pastura. La carga animal aumenta al disminuir la OF, ya que la primera es consecuencia directa de la segunda; más intensidad de pastoreo en este trabajo se traduce en mayor cantidad de animales y por lo tanto más kg/ha de PV. El N interacciona con la OF ya que a bajas OF el agregado de N hace que la carga aumente levemente. Sin embargo, a OF altas el efecto del N es inverso, disminuyendo la capacidad de carga de la pastura, dado que el FP y en consecuencia; el FD disminuyen a altas OF y a altos niveles de N. Finalmente, el FDes / 100 kg de PV es una variable que genera gran información ya que permite relacionar el concepto cantidad de forraje con el animal. La tendencia en todos los períodos estudiados es clara, el FDes / 100 kg PV aumenta a mayores OF. El efecto del N es menos marcado, siendo su mayor efecto desde niveles bajos de N y OF.

Palabras clave: Fertilización nitrogenada; Oferta de forraje; Forraje disponible; Forraje producido; Forraje remanente; Forraje desaparecido; Carga animal; Estacionalidad.

7. SUMMARY

The study was made on natural pastures in the Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) of the Faculty of Agronomy, located in national route number 3, km 363, Paysandú department, 32°23'58" S longitude and 58°02'42" O latitude, from August 21, 2001 up to April 6, 2005. The pilot model was organized in a rotational of two blocks, with two factors and in five levels each one: nitrogen fertilization (N): 0, 44; 150; 256; 300 kg each per hectare of nitrogen (N) and herbage allowance (OF): 4,0; 5,5; 9,0; 12,5 and 14,0 k DM/100 k of animal live weight per day. The grazing was rotational, with grazing cycles in spring-summer of 40 days with grazing periods of 5 days and for autumn-winter 50 days of grazing cycles with 5 days of grazing periods and 45 days of rest periods of, depending on the OF available at the moment of animals' arrival. The annual and spring forage production shows a clear response to the increase of both factors from low levels. Nevertheless, when the adding of N is high, the production may increase when levels of OF diminishes, thus showing the interaction between N and OF. The winter production presents similar responses without decreasing the production when factors levels are high. Summer and autumn do not show a clear response to both factors. The RF present a clear response as all studied periods (except from autumn) showed that the RF is mainly dependent on the OF, where major OF produces major residuals. Although in autumn there is no a first response, when studying the factors separately, it showed a linear positive response to OF, which matches with the responses on the remaining seasons. The AF increases when increasing both factors up to middle levels, then it becomes not sensible to the adding of N, mainly responding to the changes in the OF. The DisF in general copies the response of the PF. A quick increase of DisF is displayed when departing from low levels of factors, but the response changes the tendency when the addition of N is high together with high OF, decreasing the DisF. However, the DisF in winter does not present any decrease in its response, mainly because the PF does not

present it either. In the case of DisF related to AF (%), the major responses are to the OF. When the OF is less, the percentage of DisF is major, as the more grazing intensity is related to major consumption; but when the OF is more the process of animal selection begins and decreases the using of the pasture. The stocking rate increases when the OF lowers, being the first one direct consequence of the second one; more grazing intensity becomes major number of animals in this study and so more k/hectare of LW. The N interacts with the OF, as when OF is less, the addition of N makes the stocking rate lightly increases. However, when the OF is high the N effect is inverse, decreasing the pasture grazing capacity, as the PF and AF decrease when the OF is high and the N has high levels. Finally DisF/100 k of WL is a variable that gives a lot of information, as it allows connecting the concept of F with the animal. The current trend in the studied periods is clear, the DisF/100 k WL increases to higher OF. The effect of the N is less significant, showing its major effects when the N and the OF are low.

Key words: Nitrogen fertilization; Herbage allowance; Available forage; Produced forage; Residual forage; Disappeared forage ; Stocking rate; Stationality.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Allen, V.; Batello, C.; Berretta, E.; Hodgson, J.; Kothmann, M.; Li, X.; Mclvor, J.; Milne, J.; Morris, C.; Peeters, A.; Sanderson M. 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and Forage Science*. 66: 2-28.
2. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Duran, A.; Echevarria, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay; clasificación de suelos del Uruguay. Montevideo, MAP. DSF.t.1, 96 p.
3. Ayala, W.; Carámbula, M. 1994. Nitrógeno en campo natural. *In*: Moron, A.; Risso, D.F. eds. Nitrógeno en pasturas. Tacuarembó, INIA. pp. 33-42 (Serie Técnica no. 51).
4. Barreto, I.; Vincenzi, M.; Nabinger, C. 1986. Melhoramento e renovacao de pastagens. *In*: Peixoto, A. M. ed. Pastagens, fundamentos da exploracao racional. Piracicaba, FEALQ. pp. 295-309.
5. Bemhaja, M.; Berretta, E.; 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, Tacuarembó). Anales. Montevideo, INIA. pp. 119-122 (Serie Técnica no. 94).
6. Berg, W.; Sims, P. 1995. Nitrogen fertilizer use efficiency in steer gain on old world bluestem. *Journal of Range Management*. 48: 461-469.
7. Berretta, E.J.; Levratto, J.C. 1990. Estudio de la dinámica de una vegetación mejorada con fertilización e introducción de especies. *In*: Seminario Nacional de Campo Natural (2^o, 1990, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 197-203.
8. _____.; 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 de las Tecnologías para Basalto (1998, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 73-84 (Serie Técnica no.102).

9. Black, A. 1968. Nitrogen and phosphorus fertilization for production of crested wheatgrass and native grass in northeastern Montana. *Agronomy Journal* 60 (2): 213-216.
10. Boggiano, P.; Maraschin, G.; Nabinger, C.; Riboldi, J.; Cadenazzi, M. Rosa, L. 1999. Effect of the herbage allowance and nitrogen fertilization on tiller density and weight of *Paspalum notatum* Flugge in a natural pasture in Rio Grande do Sul. *In: International Symposium Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology* (1999, Parana). Proceedings. Curitiba, Universitária da UF Parana. p. 22.
11. _____. 2000a. Dinâmica de produção primária da pastagem nativa em área de fertilidade corrigida sob efeito de adubação nitrogenada e oferta de forragem. Tesis (Doctorado). Porto Alegre, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomía. 191 p.
12. _____.; Maraschin, G.; Nabinger, C.; Riboldi, J.; Cadenazzi, M. 2000b. Efeito da abundância nitrogenada e oferta de forragem sobre as taxas estacionais de acúmulo de matéria seca numa pastagem do Rio Grande do Sul. *In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur, Grupo Campo* (18ª, 2000, Guarapuava). Trabajos presentados. Rio Grande do Sul, s.e. pp. 120-122.
13. _____.; _____.; _____.; _____.; _____. 2000c Efeito da adubação nitrogenada e oferta de forragem na carga animal, produção e utilização da matéria seca numa pastagem nativa do Rio Grande do Sul. *In: Reunión Anual de la Sociedad Brasileira de Zootecnia* (37ª, 2000, Viçosa). Trabalhos apresentados. Viçosa, s.e. sp.
14. _____.; _____.; _____.; Cadenazzi, M.; Riboldi, J. 2002. Producción de materia seca de pastura nativa fertilizada con nitrógeno. *In: Reunión de Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur* (19ª, 2002, Corrientes). Sistemas de producción; caminos para una integración sustentable. Corrientes, Gráfica Payubre. p. 98.
15. _____.; Zanoniani, R.; Cadenazzi, M.; Medeiros, J.C. 2004a. Respuesta invernal del campo natural a la fertilización nitrogenada y oferta de forraje en producción y composición del disponible. Grupo Campo. *In: Reunión de Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical*, Grupo

- Campo (20^a, 2004, Salto). Trabajos presentados. Salto, Facultad de Agronomía. pp. 296-297.
16. _____.; _____.; _____.; Severini, M.; Zanoniani, M. 2004b. Respuesta otoñal en la estructura poblacional de *Bromus auleticus* Trinus a la oferta de forraje y fertilización nitrogenada. Grupo campo. In: Reunión de Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campo (20^a, 2004, Salto). Trabajos presentados. Salto, Facultad de Agronomía. pp. 262-263.
17. _____.; _____.; Berretta, E.; Cadenazzi, M.; Noell, S. 2004c. Respuesta poblacional de *Poa lanigera* Nees a la fertilización del campo natural de basalto. Grupo campo. In: Reunión de Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical; Grupo Campo (20^a, 2004, Salto). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 264-265.
18. _____.; Nabinger, C.; Cadenazzi, M.; Maraschin, G. 2011. The impact of grazing intensity on photosynthetically active radiation absorbed by a fertilized natural pasture. In: International Rangeland Congress (9th, 2011, Rosario). Proceedings. Rosario, Argentina, s.e. p. 695.
19. Bossi, J.; Ferrando, L. A.; Fernandez, A.; Elizalde, G.; Morales, H.; Ledesma, J.; Carballo, E.; Medina, E.; Ford, I.; Montaña, J. 1975. Carta geológica del Uruguay. Montevideo, Uruguay, Geoeditores. Escala 1:1.000.000.
20. Bottaro, C.; Zabala, F. 1973. Efecto de la fertilización mineral NKP en la producción de forraje de algunas pasturas naturales del Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 171 p.
21. Box, G.; Wilson, K. 1951. On the experimental attainment of optimum conditions. *Journal of the Royal Statistical Society*. 13: 1-45.
22. Brum, S.; De Stefani, A. J. 1998, Efecto de la fertilización N -P sobre la productividad del campo natural en la región basáltica. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 100 p.

23. Burgos De Anda, A. 1974. Efecto de la fertilización mineral NP en la producción de forraje de campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 83 p.
24. Burzlaff, D.; Fick, G.; Rittenhouse, R. 1968. Effect of nitrogen fertilization on certain factors of a western Nebraska range ecosystem. *Journal of Range Management*. 21: 21-24.
25. Carámbula, M. 1971. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 464 p.
26. 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 (22^a, 2008, Minas). Trabajos presentados. Minas, s.e. p. 206.*
27. Carvalho, P.; Ribeiro, H.; Poli, C.; Moraes, A.; Delagarde, R. 2001. Importancia da estrutura da pastagem na ingestão e seleção e dietas pelo animal em pastejo. *In: Reuniao Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (38^a, 2001, Piracicaba). Trabalhos apresentados. Piracicaba, s.e. pp. 853-871.*
28. _____.; Dos Santos, D.; Neves, F. 2007. Oferta de forragem como condicionadora da estrutura do pasto e do desempenho animal. *In: Dall'Agnol, M.; Nabinger, C.; Menezes Santana, D.; Jaworski dos Santos, R. orgs. Sustentabilidade produtiva do bioma pampa. Porto Alegre, Gráfica Metrópole. pp. 23-60.*
29. Castells, D. 1974. Fertilización de campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 86 p.
30. Cayley, J.; Bird, P. 1991. Techniques for measuring pastures. Victoria, Australia, Department of Agriculture. 51 p.
31. Celebi, A.Z.; Arvas, O.; Terzioglu, O. 2011. The effects of nitrogen and phosphorus fertilizer application on herbage yield of natural pastures. *Pakistan Journal of Biological Science*. 14(1): 53-58.
32. Chapman, D.F.; Lemaire, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *In: International Grassland Congress (17th, 1993, Palmerston*

- North). Proceedings. Palmerston North, Krrling and Mundy. pp. 95-104.
- 33.Cochran, W.G.; Cox, M.G. 1957. Experimental designs. 2nd. ed. New York, John Wiley. 611 p.
- 34.Colabeelli, M.; Agnusdei, M.; Mazzanti, A.; Labreveux, M. 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. Buenos Aires, INTA. 21 p. (Serie técnica no. 148).
- 35.Correa, D.; Maraschin, G. 1994. Crescimento e desaparecimento de uma pastagem nativa sob diferentes níveis de oferta de forragem. Pesquisa Agropecuária Brasileira (Brasília). 29 (10): 1617-1623.
- 36._____.; Scheffer-Basso, S.M.; Fontaneli, R. 2004. Adubação nitrogenada em uma pastagem natural da região da campanha do Rio Grande do Sul. In: Reunión de Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campo (20^a, 2004, Salto). Trabajos presentados. Salto, Facultad de Agronomía. pp. 320-321.
- 37.Cosper, H.; Thomas J. 1961. Influence of supplemental run-off water and fertilizer on production and chemical composition of native forage. Journal of Range Management. 14 (6): 292-297.
- 38._____.; _____.; Alsayegh, A.Y. 1967. Fertilization and its effects on range improvement in the northern great plains. Journal of Range Management. 20 (4): 216-222.
- 39.Crempien, C. 2008. Antecedentes técnicos y metodología básica para utilizar en presupuestación en establecimientos ganaderos. 2^a ed. corr. Montevideo, Hemisferio Sur. 72 p.
- 40.Daget, P.; Poissonet, J. 1971. Une méthode d'analyse phytologique de prairies; critères d'application. Annales Agronomiques. 22(1): 5-41.
- 41.Dasci, M.; Comakli, B. 2011. Effects of fertilization on forage yield and quality in the range sites with diferet topograpgic stucture. Turkish Journal of Field Crops. 16(1): 15-22.

42. De Souza, Z.; Dias, M.; Iob, I.; Fett, M.; Medeiros, C.; Falcao, M.; Nabiger, C.; Muller, S. 2008. Producao animal com consevacao da flora campestre do Bioma Pampa. In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur (22^a, 2008, Minas). Innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad. Minas, s.e. p. 176.
43. Díaz-Zorita, 1997. La fertilización de cultivos y pasturas. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. pp. 175 - 182.
44. Dougherty, C.T.; Rhykerd, C.L. 1985. The role of nitrogen in forage-animal production. In: Heath, M.E.; Barnes, R.F.; Metcalfe, D.S. eds. Forages; the science of grassland agriculture. Ames, Iowa State University Press. pp. 318-325.
45. Drawe, D.; Box, T. 1969. High rates of nitrogen fertilization influence coastal prairie range. *Journal of Range Management*. 22 (1): 32-36.
46. Durán, A. 1985. Los suelos del Uruguay. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 47-64.
47. Eggers, L. 1999. Morfogênese e desfolhação de *Paspalum notatum*. Fl. e Coelorhachis selloana (Hacck.) Camus em níveis de oferta de forragem. Tese de Doutorado, Zootecnia. Porto Alegre, Brasil. Universidade Federal de Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. 146 p.
48. Ferraro, D.; Oesterheld, M. 2002. Effect of defoliation on grass growth. A quantitative review. *Oikos Journal*. 98 (1): 125-133.
49. Frame, J. 1993. Herbage mass. In: Davies, A.; Baker, R. D.; Grand, S. A.; Laidlaw, A. S. eds. Sward measurement handbook. 2nd. ed. Hurley, Berkshire, The British Grassland Society. s.p.
50. Forbes, T.; Coleman, S. 1986. Herbage intake and ingestive behaviour of grazing cattle as influenced by variation in sward characteristics. In: Horn, F. P. ed. Grazinglands research at the plant-animal interface. Marrilton, Winrock International. pp. 141-152.
51. García Latasa, 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.
52. Gastal, F.; Lemaire, G. 2002. N uptake and distribution in crops; an agronomical and ecophysiological perspective. *Journal of Experimental Botany*. 53 (370): 789-799.
53. Gillen, R.L.; Berg, W.A. 1998. Nitrogen fertilization of a native grass planting in western Oklahoma. *Journal of Range Management*. 51 (4): 436-441.
54. Gomes, K; Maraschin, G; Riboldi, J. 1998. Efeito de ofertas de forragem, diferimentos e abundancias sobre a dinamica de uma pastagem natural y acumulacao de materia seca. *In: Reunión Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (35ª, 1998, Sao Paulo)*. Trabajos presentados. Botucatu, Sociedade Brasileira de Zootecnia. pp. 107-109.
55. Gomes, L.H. 2000. Produtividade de un campo nativo melhorado submetido a abudacao nitrogenada. Tesis Maestría en Zootecnia. Porto Alegre, RS, Brasil. Universidad Federal de Rio Grande do Sul. Facultad de Agronomía. 132 p.
56. Gómez, M.; Dall'Agnol, M.; Schifino-Wittmann, M.; Celia, A.; Trevisan, M.; Macedo, V.; Nabinger, C. 2004. Evaluación de producción de materia seca de tres ecotipos de *Paspalum notatum* Flugge. Grupo campo. *In: Reunion de Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical (20ª, 2004, Salto)*. Trabajos presentados. Salto, s.e. pp. 259-260.
57. Greenhalgh, J. 1970. The effects of grazing intensity on herbage production and consumption and on milk production in strip-grazed dairy cows. *In: International Grassland Congress (1970, St. Lucia)*. Proceedings. St. Lucia, University of Queensland Press. pp. 856-860.
58. Guevara, J.C.; Stasi, C.R.; Estevez, O.R.; Le Houérou, N. 2000. N y P fertilization on range production in midwest Argentina. *Journal of Range Management*. 53 (4): 410-414.
59. Hanisch, A.L.; Gislón, I.; Mondardo, M. 2008. Persistencia da produça anual de materia seca de pastagem naturalizada sob cinco niveis de abundaçao em um latossolo bruno sitrofico no sul do Brasil. *In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono*

- Sur (22^a, 2008, Minas). Trabajos presentados. Minas, Tradinco. p . 192.
- 60.Hart, R.; Marilyn, S.; Test, P.; Smith, M. 1988. Cattle, vegetation and economic responses to grazing systems and grazing pressure. *Journal of Range Management*. 41 (24): 282-286.
- 61.Heady, H.; Child, R. 1994. *Rangeland ecology and management*. Boulder, Colorado, USA, Westview Press. 519 p.
- 62.Heitschmidt, R.; Dowhower, S.; Pinchak, W.; Canon, S. 1989. Effects of stocking rate on quantity and quality of available forage in a southern mixed grass prairie. *Journal of Range Management*. 42 (6): 468-473.
- 63._____.; Walker, J. 1997. Grazing management: technology for sustainable rangeland ecosystems? *In*: International Symposium on Animal Production Under Grazing (1997, Brasil). Proceedings. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. pp. 303-331.
- 64.Hodgson, J.; Taylor, J.; Lonsdale, R. 1971. The relationship between intensity of grazing and the herbage consumption and growth of claves. *Journal of British Grassland Society*. 26 (4): 231–238.
- 65._____. 1984. Sward conditions, herbage allowance and animal production; an evaluation of research results. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 44: 99-104.
- 66.Hoglund, O. 1952. Application of fertilizers to aid conservation on annual forage range. *Journal of Range Management*. 5 (2): 55-61.
- 67.Holmes, W. 1968. The use of nitrogen in the management of pasture for cattle. *Herbage Abstracts*. 38 (4): 265-277.
- 68.Houston, W.; Hyder, D. 1975. Ecological effects and fate of N following massive N fertilization of mixed-grass plains. *Journal of Range Management*. 28: 56-60.
- 69.Huffine, W.; Elder, W. 1960. Effect of fertilization on native pastures in Oklahoma. *Journal of Range Management*. 13 (1): 34-36.
- 70.Johnston, A.; Soliak, S.; Smith, A.; Lutwiek, L. 1969. Seasonal precipitation, evaporation, soil moisture and yield of fertilized

- range vegetation. *Canadian Journal of Plant Science*. 49 (2): 123-128.
71. Kilcher, M.; Smoliak, S.; Hubbard, W.; Johnston, A.; Gross, A.; McCurdy, E. 1965. Effects of inorganic nitrogen and phosphorus fertilizers on selected sites of native grassland in western Canada. *Canadian Journal of Plant Science* 45 (3): 229-237.
72. Klingman, D. 1956. Weed control in pastures in the North Central Region. *Weeds*. 4: 369-375.
73. Kukoura, Z., Kyriazopoulos, A., Mantzanas, K. 2005. Effects of fertilization on floristic diversity and herbage production in a grazed natural range-land. *In: International Occasional Symposium of the European Grassland Federation (13th, 2005, Tartu). Integrating efficient grassland farming and biodiversity.* s.n.t. pp. 307-310.
74. Laidlaw, A.; Steen, R. 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 (3): 249-258.
75. Lemaire, G. 1997. The physiology of grass growth under grazing: tissue turnover. *In: International Symposium on Animal Production Under Grazing (1997, Brasil). Proceedings.* Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. pp. 117-139.
76. Lodge, R. 1959. Fertilization of native range in the Northern Great Plains. *Journal of Range Management*. 12 (6): 277-279.
77. Lorenz, R.J.; Rogler, A. G. 1957. Nitrogen fertilization off northern great plains rangelands. *Journal of Range Management*. 10 (4): 156-160.
78. _____.; _____. 1972. Forage production and botanical composition of mixed prairie as influenced by nitrogen and phosphorus fertilization. *Agronomy Journal*. 64: 244-249.
79. _____.; _____. 1973a. Growth rate of mixed prairie in response to nitrogen and phosphorus fertilization. *Journal of Range Management*. 26 (5): 365-368.
80. _____.; _____. 1973b. Interaction of fertility level with harvest date and frequency on productiveness of mixed prairie. *Journal of Range Management*. 26 (1): 50-54.

81. McKnight, T.; Hess, D. 2004. Physical geography; a landscape appreciation. 8th. ed. Upper Saddle River, NY, Prentice Hall. s.p.
82. Maraschin, G.; Mella, S.; Irulegui, G.; Riboldi, J. 1983. Performance of a subtropical legume grass pasture under different grazing management Systems. In: International Grassland Congress (Lexington, Kentucky, USA). Proceedings. Lexington, Kentucky, USA, s.e. pp. 459-461.
83. _____.; Mott, G. 1989. Resposta de uma complexa mistura de pastagem tropical a diferentes sistemas de pastejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira (Brasília). 24 (2): 221-227.
84. _____.; Almeida, E.; Harthmann, O. 1997. Pasture dynamics of Mott dwarf elephantgrass as related to animal performance. In: International Grassland Congress (18th, 1997, Saskatchewan). Proceedings. Saskatchewan, Canada, s.e. pp. 25-26.
85. _____. 2001. Production potential of South America grassland. In: International Grassland Congress (19th, 2001, São Pedro). Proceedings. São Pablo, Brasil, s.e. pp. 5-15.
86. Martha Junior, G.; Vilela, L.; Barioni, L.; Sousa, D.; Barcellos, A. 2004. Manejo da adubação nitrogenada em pastagens. In: Fertilidade de solo para pastagens produtivas. Simposio sobre o Manejo da Pastagem (21^a, 2004, Piraciaba). Trabalhos apresentados. Piraciaba, SP, Fundacao de estudos agrários Luiz de Queiroz. pp. 155-215.
87. Martin, W.; Pierce, C.; Osterli, V. 1964. Differential nitrogen response of anual and perennial grasses. Journal of Range Management. 17 (2): 67-68.
88. Mason, R.L.; Miltimore, J. E. 1959. Increase in yield and protein conten of native bluebunch wheatgram from nitrogen fertilization. Canadá. Journal Plant Science. 39 (4): 501-504.
89. _____.; _____. 1969. Yield increases from nitrogen on native range in Southern British Columbia. Journal of Range Management. 22 (2): 128-131.
90. Mazzanti, A.; Lemaire, G. 1994a. Effect of nitrogen fertilization on herbage production of tall fescue swards continously grazed by sheep; 2. Consumption and efficiency of herbage utilisation. Grass and Forage Science. 49: 352-359.

- 91._____.; _____.; Gastal, F. 1994b. The effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. Herbage growth dynamics. Grass and Forage Science. 49(1): 111-120.
- 92.MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2000. Censo general agropecuario 2000. Montevideo. s.p.
- 93._____.; _____.; _____.; 2011. Censo general agropecuario 2011. Montevideo. s.p.
- 94.Mella, S. 1980. Resposta de uma mistura de gramínea e leguminosa sub. Tropical a diferentes sistemas de pastejo. Master en Agronomía. Porto Alegre, RS, Brasil. Universidad Federal de Rio Grande do Sul. Facultad de Agronomía. 166 p.
- 95.Mezzalira, J.C.; Nabinger, C.; Bremm, C.; Kuhn da Trinidad, J.; Fonseca, M.; Fonseca, L.; Carvalho, P. 2008. Filocrono de *Paspalum notatum* em funcao de diferentes ofertas de forragem em pastagem em pastagem natural do sul do Brasil. In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur (22^a, 2008, Minas). Innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad. Minas. p. 195.
- 96._____.; Carvalho, P.; Kuhn, J.; Bremm, C.; Fonseca, L.; Fonseca, M.; Vizzotto, M. 2012. Producao animal e vegetal em pastagem nativa manejada sob diferentes ofertas de forragem por bovinos. Ciencia Rural (Santa María). 42 (7): 1264-1270.
- 97.Millot, J. C.; Risso D.; Methol R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Montevideo, FUCREA. 199 p.
- 98.Mott, G.; Quinn, L.; Bisschoff, V. 1970. The retention of nitrogen in a soil-plant-animal aystem in guinea grass (*Panicum maximum*) pastures in Brazil. In: International Grassland Congress (11^a, 1970, Santa Lucia). Proceedings. Santa Lucia, Brasil, s.e. pp. 414-416.
- 99.Moore, J. 1980. Forage crops. In. Hoveland, C. S. ed. Crop quality, storage, and utilization. Madison. American Society Agronomy/ The Crop Science Society of America. pp. 69-91.

100. Myers, R. H. 1971. Response surface methodology. Boston, Hellyn and Bacon. s.p.
101. Nabinger, C. 1998. Principios de manejo e produtividade de pastagens. In: Ciclo de palestras em producao e manejo de bovinos de corte. Canoas, Universidad de Luterana do Brasil. pp. 54-107.
102. _____; Dall'agnol, M. E.; de Faccio Carvalho, P. 2007. Biodiversidade e produtividade em pastagens. In: Manejo conservacionista de pastagens; um balance de 21 anos de pesquisa. Porto Alegre, Brasil, s.e. 1 disco compacto.
103. Nicol, A.; Nicoll, G. 1987. Pastures for beef cattle. In: Nicol, A.M. ed. Feeding livestock on pasture. Hamilton, New Zealand Society of Animal Production. pp. 119-132 (Occasional Publication no. 10)
104. Peirano, M.E.; Rodriguez, A.D. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el período otoño-invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 105 p.
105. Pettit, R.; Deering, D. 1974. Yield and protein content of sandyland range forages as affected by three nitrogen fertilizers. *Journal of Range Management*. 27: 211-213.
106. Pinto, C.E.; Fontoura Júnior, J.A.; Frizzo, A.; Frietas, T.; Nabinger, C.; Carvalho, P. 2008. Producoes primária e secundária de uma pastagem natural da Depressao Central do Rio Grande do Sul submetida a diversas ofertas de fitomassa aérea total. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 37: 1737-1741.
107. Pizzio, R.; Royo, O. 1998. Manejo del pastoreo como estrategia de sostenibilidad. Efecto de la carga animal. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campos (14ª, 1998, Tacuarembó). *Anales*. Montevideo, INIA. pp. 133-140 (Serie Técnica no. 94).
108. Poppi, D.; Hughes, T.; L'Huillier, P. 1987. Intake of pasture by grazing ruminants. In: Nicol, A. M. ed. Feeding livestock on pasture. Hamilton, New Zealand Society of animal Production. pp. 55-63 (Occasional Publication no. 10).
109. Reffati, M.; Mezzalira, J.; Silva, C.; Devicenzi, T.; Schimidt, F.; Adami, P.; Carvalho, P. 2008. Producao de forragem em funcao da

- manipulacao estacional da oferta de forragem em pastagem natural so dul do Brasil. In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur (22^a, 2008, Minas). Innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad. Minas, s.e. p. 211.
- 110.Rehm, G.; Moline, W.; Schwartz, E. 1972. Response of a seeded mixture of warm-season prairie grasses to fertilization. *Journal of Range Management*. 25 (6): 452-456.
- 111._____. 1984. Yield and quality of a warm season grass mixture treated with N, P, and atrazine. *Agronomy Journal*. 76: 731-733.
- 112.Riboldi, J., Do Nascimento, C. 1994. Metodología do superficie do resposta, una abordagem introductória. U.F.R.G.S. Instituto de Matemática. *Cadernos de matemática e estatística*. 84 p
- 113.Risso, D.; Formoso, F.; Zarza, A. 1982. Utilización y productividad de pasturas integradas a procesos intensivos de engorde. *Miscelánea CIAAB*. no. 39: 1-13.
- 114._____.; Berretta, E.; Levratto, J.; Zamit, W. 1998. Efecto e la fertilización de N y P y la carga animal sobre la productividad de una pastura natural. In: Seminario de Actualización de Tecnologías para Basalto (1998, Tacuarembó). *Anales. Tacuarembó, INIA*. pp. 175-182 (Serie Técnica no. 102).
- 115.Rodríguez Palma, R.; Saldanha, S.; Andiñ, J.; Vergnes, P. 2004a. Fertilización nitrogenada de campo natural de basalto. 1. Producción de forraje. In: Reunión de Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo Campo (20^a, 2004, Salto). *Trabajos presentados*. Salto, s.e. pp. 298-299.
- 116._____.; Saldanha, S.; Andiñ, J.; Vergnes, P. 2004b. Fertilización nitrogenada de campo natural de basalto. 2. Producción animal. In: Reunión de Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupo campo (20^a, 2004, Salto). *Trabajos presentados*. Salto, s.e. pp. 318-319.
- 117._____.; Rodríguez, T.; Andiñ, 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). *Trabajos presentados*. Minas, s.e. p. 198.

- 118._____.; _____.; _____.; _____. 2008b. Fertilización de campo natural; respuesta en producción de forraje. In: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur (22^a, 2008, Minas). Trabajos presentados. Minas, s.e. p. 197.
- 119.Rosengurtt, B. 1946. Estudio sobre las praderas naturales del Uruguay; 5^a. contribución. Montevideo, Rosgal. 473 p.
- 120._____. 1979. Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Montevideo, Universidad de la República. División Publicaciones y Ediciones. 86 p.
- 121.Russelle, M. 1997. Nutrient cycling in pasture. In: Simpósio Internacional sobre Producao Animal em Pastejo (1997, Vicosa). Proceedings. Minnesota, s.n.t. pp. 235-266.
- 122.Samuel, M.; Rauzi, F.; Hart, R. 1980. Nitrogen fertilization of range; yield, protein content, and cattle behavior. *Journal of Range Managment*. 33(2): 119-121.
- 123.Santos, D. 2007. Manipulação da oferta de forragem em pastagem natural; efeito sobre o ambiente de pastejo e o desenvolvimento de novilhas de corte. Tese (Doutorado)-Programa de Pós-graduação em Zootecnia. Porto Alegre, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. 259 p.
- 124.SAS Institute. 1996. SAS/STAT; users´s guide. Cary, NC. s.p.
- 125.Setelich, E. 1994. Potencial productivo de uma pastagem natural do Rio Grande do Sul, submetida a distintas ofertas de forragem. Tesis Master em Zootecnia. Rio Grande do Sul, Brasil. Universidad Federal de Rio Grande do Sul. Facultad de Agronomía. 169 p.
- 126.Silva, R.; Siewerdt, L.; Siewerdt, F.; Junior, P. 1994. Efeitos e quatro doses e fracionamentos de nitrogênio para avaliar o potencial de produção de feno, de um campo natural de planossolo, no Rio Grande do Sul. In: Reuniao Anual da SBZ (31^a, 1994, Maringa). Trabalhos apresentados. Parana, s.e. p. 387.
- 127.Smika, D.; Haas, H.; Rogler, G. 1963. Native grass and crested wheatgrass production as influenced by fertilizer placement and weed control. *Journal of Range Management*. 16 (1): 5-8.

- 128.Smoliak, S. 1965. Effects of manure, straw and inorganic fertilizers on Northern Great Plains ranges. *Journal of Range Management*. 18: 11-15.
- 129.Soares, A.; Semmelmann, C.; Kuhn da Trindade, C.; Guerra, E.; De Freitas, T.; Frizzo, A.; De Faccio, C.; Nabinger, C.; Pinto, C.; Fontoura, J. 2005. Produção animal e de forragem em pastagem nativa submetida a distintas ofertas de forragem. *Ciência Rural*. 35 (5): 1148-1154.
- 130.Stuth, J.; Chmielewski, R. 1981. Effect of herbage allowance on the efficiency of defoliation by the grazing animal. *Grass and Forage Science*. 36 (1): 9-15.
- 131.Sugimoto, Y.; Hirata, M.; Ueno, M. 1985. Fate of N-labelled fertilizer nitrogen applied at diferente times of the year on bahiagrass pasture. In: International Grassland Congress (1985, Kyoto). Proceedings. Kyoto, s.e. pp. 495-497.
- 132.Symonds, R. 1982. Métodos para mejorar la eficiencia en la utilización de pasturas mejoradas en el crecimiento y engorde de novillos en en el litoral. *Miscelánea CIAAB*. no. 39: 1-8.
- 133.Townsend, C. R. 2008. Características produtiva de gramíneas nativas do gênero *Paspalum*, em resposta a disponibilidade de nitrogênio. Tesis Doctorado en Zootecnia. Porto Alegre, Brasil. Universidad Federal de Rio Grande do Sul. Facultad de Agronomía. 255p.
- 134.Westin, F.; Buntley, G.; Brage, B. 1955. Soil and weather. South Dakota Agricultural Experimental Station. Agricultural Research Service. Circular no. 116: 6-18.
- 135.Wight, R.; Black, R. 1972. Energy fixation and precipitation-use efficiency in a fertilized rangeland ecosystem of the northern Great Plains. *Journal of Range Management*. 25: 376-380.
- 136._____. 1976. Range fertilization in the northern Great Plains. *Journal of Range Management*. 29 (3): 180-185.
- 137.Woledge, J.; Pearse, P.J. 1985. The effect of nitrogenous fertilizer on the photosynthesis of leaves of a ryegrass sward. *Grass and Forage Science*. 40 (3): 305-309.

138. Zanoniani, R.A. 2009. Efecto de la oferta de forraje y fertilización nitrogenada sobre la productividad otoño invernal de un campo natural en el litoral. Tesis Magister en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 77 p.
139. _____.; _____.; Cadenazzi, M. 2011. Respuesta invernal de un campo natural a fertilización nitrogenada y oferta de forraje. (en línea). *Agrociencia* (Montevideo). 15 (1): 115-124. Consultado 4 abr. 2013. Disponible en http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S1510-08392011000100013&script=sci_arttext

9. APÉNDICES

APÉNDICE 1: Superficie de respuesta para las variable MSR en el promedio de los años, todos los años y estaciones promedio.

Variable	GL	Promedio Años	Año 2002	Año 2003	Año 2004	primavera	verano	otoño	invierno
R2	-	0,939	0,924	0,856	0,906	0,9084	0,8994	0,8892	0,7625
CV	-	5,541	7,159	6,759	7,461	7	71	6	8
PVALOR									
Covariable	1	0,045	0,017	0,24	0,363	0,3002	0,0122	0,1246	0,5905
Lineal	2	<,0001	0	0,002	0	0,0003	0,0007	0,7308	0,0119
Cuadrática	2	0,288	0,641	0,143	0,545	0,849	0,5658	0,0338	0,2033
Productos cruzados	1	0,642	0,55	0,957	0,745	0,9137	0,5956	0	0,6187
MODELO	6	0,001	0,001	0,011	0,003	0,0025	0,0034	0,8892	0,0539
Falta ajuste	3	0,055	0,01	0,242	0,08	0,1834	0,2151	0,2191	0,6271
PARÁMETROS ESTIMADO DE LOS COEFICIENTES DE REGRESIÓN									
Intercepto	1	569,344*	684,341*	572,145*	450,48ns	678+	857*	528*	475+
N	1	0,809ns	0,335ns	1,301ns	0,797ns	0,5298ns	-0,2546ns	0,7173ns	2,1705ns
OF	1	37,050ns	34,563ns	23,596ns	53,342ns	55ns	15ns	35ns	49ns
N*N	1	-0,003ns	-0,002ns	-0,004+	-0,003ns	-0,001197ns	-0,00198ns	-0,00243ns	-0,004854+
OF*N	1	0,038ns	0,075ns	0,005ns	0,035ns	0,014151ns	0,06065ns	0,001348ns	-0,051887ns
OF*OF	1	0,843ns	1,649ns	0,687ns	0,178ns	1ns	2ns	0ns	-1ns
B	1	-38,262*	-73,467*	-21,317ns	-20,001ns	-28ns	-73*	-38*	11ns
EFECTOS MEDIOS: Pvalor									

N	3	0,326	0,472	0,267	0,534	0,784	0,577	0,576	0,241
OF	3	0,0002	0,0004	0,004	0,001	0,001	0,002	0,002	0,027
PUNTO ESTACIONARIO									
PE	-	162,337	520,968	452,443	-2461,203	-16,000	852,000	7994,000	1466,000
TPE	-	Silla	Silla	Silla	Silla	Silla	Silla	Máximo	Máximo
COORDENADAS DEL PUNTO ESTACIONARIO									
N	-	-4,949	-79,103	135,792	-484,815	69,000	-101,000	263,000	11,000
OF	-	-21,863	-8,687	-17,636	-101,930	-26,000	-2,000	418,000	40,000

APÉNDICE 2: Superficie de respuesta para las variable MSR para todas las estaciones

Variable	G L	P01	V02	O02	I02	P02	V03	O03	I03	P03	V04	O04	I04	P04	V05
R2	-	0,24	0,08	0,82	5,55	0,91	0,64	0,69	0,87	0,67	0,81	0,80	0,80	0,92	0,88
CV	-	16,06	12,88	11,66	5,65	9,54	13,44	4,20	6,00	21,46	11,79	8,82	10,61	8,22	8,61
PVALOR															
Covariable	1	0,75	0,03	0,07	0,10	0,11	0,19	0,51	0,71	0,89	0,30	0,10	0,94	0,65	0,03
Lineal	2	0,41	0,02	0,00	<,0001	0,00	0,06	0,05	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Cuadrática	2	0,94	0,51	0,65	0,15	0,97	0,52	0,20	0,14	0,51	0,48	0,70	0,28	0,50	0,90
Productos cruzados	1	1,00	0,23	0,36	0,39	0,57	0,66	0,26	0,07	0,97	0,69	0,21	0,90	0,77	0,18

MODELO	6	0,87	0,04	0,02	0,00	0,00	0,19	0,12	0,01	0,14	0,03	0,03	0,03	0,00	0,01
Falta ajuste	3	0,07	0,00	0,05	0,72	0,16	0,53	0,46	0,45	0,28	0,02	0,09	0,25	0,26	0,97
PARAMETROS ESTIMADOS DE LOS COEFICIENTES DE REGRESIÓN															
Intercepto	1	1355,8ns	1597,33**	340,81ns	360,77ns	446,08ns	1021,20ns	725,07* *	322,43+	214,02ns	407,11ns	514,59* *	177,81ns	696,58ns	410,18ns
N	1	-1,35ns	3,48ns	2,66ns	1,56ns	0,61ns	0,91ns	0,001ns	2,43*	1,85ns	0,81ns	-0,52ns	1,89ns	1,00ns	0,74ns
OF	1	59,75ns	84,12ns	63,26ns	66,85ns	90,19ns	4,88ns	19,72ns	37,56ns	33,35ns	38,05ns	23,95ns	115,65ns	37,19ns	99,67ns
N*N	1	0,002ns	0,001ns	0,004ns	0,005+	-0,001ns	-0,01ns	0,002ns	0,003+	-0,01ns	0,004	0,002ns	-0,01ns	0,00ns	0,001ns
OF*N	1	0,00ns	0,28ns	0,17ns	0,08ns	0,11ns	0,11ns	0,06ns	-0,14+	-0,01ns	0,06	0,12ns	0,02ns	-0,05ns	-0,20ns
OF*OF	1	-1,53ns	5,66ns	1,53ns	0,49ns	0,01ns	1,71ns	-1,01ns	0,67ns	1,33ns	0,27	-0,68ns	-3,50ns	4,54ns	-0,35ns
B	1	-22,97ns	118,9* *	75,7+	31,3ns	-67,6ns	-67,9ns	-6,4ns	-5,03ns	-5,9ns	-30ns	-31,9ns	-2,1ns	-15,8ns	-73,8*
EFFECTOS MEDIOS: Pvalor															
N	3	0,90	0,43	0,66	0,01	0,13	0,70	0,21	0,08	0,73	0,63	0,50	0,39	0,70	0,21
OF	3	0,68	0,03	0,01	<,0001	0,001	0,11	0,07	0,00	0,05	0,01	0,01	0,01	0,0003	0,0024
PUNTO ESTACIONARIO															
PE	-	1759,2	1505,3	845,8	10973	-720,86	1035,1	884,86	733,04	167,65	-571,95	550,63	1357,28	1662,14	1094,74

TPE	-	SILLA	SILLA	SILLA	MÁX	SILLA	SILLA	MÁX	SILLA	SILLA	SILLA	SILLA	MÁX	SILLA	SILLA
COORDENADAS DEL PUNTO ESTACIONARIO															
N	-	274,57	314,04	373,98	2402,16	-791,70	46,18	223,15	295,37	165,81	-222,12	229,69	202,89	1716,38	465,73
OF	-	19,68	15,18	0,23493	261,51	-20,56	-2,90	16,19	2,72	-12,00	-46,76	-1,97	17,09	5,59	10,26

*P= Primavera, V= Verano, O= Otoño, I= Invierno

APÉNDICE 3: Superficie de respuesta para la variable MSP en el promedio de los años, todos los años y estaciones promedio.

Variable	GL	Promedio años	Año 2002	Año 2003	Año 2004	primavera	verano	otoño	invierno
R2	-	0,793	0,609	0,795	0,712	0,728	0,613	0,597	0,787
CV	-	5,852	11,215	7,393	8,120	9,661	7,435	14,359	15,175
PVALOR									
Cov	1	0,259	0,277	0,297	0,064	0,991	0,437	0,943	0,066
L	2	0,096	0,539	0,013	0,631	0,069	0,199	0,103	0,033
C	2	0,026	0,073	0,154	0,241	0,110	0,108	0,210	0,156
PC	1	0,048	0,557	0,106	0,0253	0,071	0,800	0,884	0,069
Mod T	6	0,035	0,227	0,034	0,0957	0,081	0,221	0,245	0,038
lack of fit	3	0,130	0,021	0,334	0,2050	0,561	0,494	0,779	0,340
PARAMETROS ESTIMADOS DE LOS COEFICIENTES DE REGRESION									
Intercept	1	7.435*	9.097+	7.087*	6.117+	587ns	5.540**	2.120+	-89ns
N	1	46,0**	48,2+	43,2*	46,7**	23,8**	8,0ns	3,9ns	14,7*

OF	1	96,4ns	74,7ns	12,7ns	202,7ns	370,5ns	-249,7ns	-152,2ns	110,8ns
N*N	1	-8,E-02*	-1,E-01*	-5,E-02ns	-5,E-02ns	-3,E-02*	-3,E-02+	-1,E-02ns	-2,E-02+
OF*N	1	-2,E+00*	1,E+00ns	2,E+00ns	-3,E+00*	-1,E+00+	1,E-01ns	6,E-02ns	-8,E-01+
OF*OF	1	22,1ns	15,0ns	34,8ns	16,6ns	-5,3ns	9,6ns	12,1ns	6,2ns
B	1	22,8ns	456,2ns	-274,9ns	503,1+	0,8ns	77,3ns	5,2ns	171,1+
EFFECTOS MEDIOS: Pvalor									
N	3	0,023	0,131	0,051	0,061	0,043	0,182	0,585	0,085
OF	3	0,061	0,644	0,032	0,117	0,097	0,373	0,129	0,035
PUNTO ESTACIONARIO									
PE	-	12.201	13.262	12.546	10.796	4.604	4.796	1.995	1.957
TPE	-	silla	silla	silla	silla	silla	silla	silla	silla
COORDENADAS DEL PUNTO ESTACIONARIO									
N	-	191,342	166,368	250,676	158,624	262,927	183,441	162,458	228,389
OF	-	7,555	4,205	7,968	9,611	4,766	11,858	5,858	6,725

APÉNDICE 4: Superficie de respuesta para la variable MSP para todas las estaciones.

Variable	GL	P01	V02	O02	I02	P02	V03	O03	I03	P03	V04	O04	I04	P04	V05
R2	-	0,356	0,486	0,463	0,753	0,800	0,360	0,600	0,720	0,779	0,475	0,653	0,578	0,912	0,774
CV	-	22,34	38,12	16,94	29,54	9,40	14,35	42,83	16,78	13,28	18,83	9,13	11,70	8,21	13,52
PVALOR															
Covariable	1	0,178	0,846	0,632	0,062	0,769	0,163	0,471	0,285	0,990	0,817	0,203	0,647	0,003	0,089
Lineal	2	0,514	0,198	0,378	0,026	0,330	0,917	0,135	0,173	0,031	0,225	0,921	0,222	0,007	0,044

Cuadrática	2	0,950	0,687	0,257	0,411	0,018	0,596	0,322	0,164	0,184	0,852	0,297	0,214	0,005	0,045
Productos cruzados	1	0,829	0,238	0,649	0,276	0,015	0,652	0,218	0,030	0,023	0,179	0,025	0,229	0,039	0,846
MODELO	6	0,696	0,445	0,488	0,061	0,032	0,688	0,240	0,088	0,043	0,465	0,163	0,276	0,002	0,046
Falta de ajuste	3	0,377	0,175	0,705	0,194	0,666	0,293	0,268	0,232	0,194	0,105	0,420	0,425	0,722	0,477
PARAMETROS ESTIMADOS DE LOS COEFICIENTES DE REGRESION															
Intercepto	1	4837,92 ns	8770,20 *	2394,61 ns	- 1758,30n s	- 310,44n s	6229,06 *	3144,94 ns	15,20n s	- 2272,38n s	3704,40 ns	813,5 0*	1503,5 6*	97,69n s	3.461, 04ns
N	1	-3,27ns	- 16,60ns	16,78ns	19,32ns	28,68**	-8,56ns	-6,85ns	17,33*	41,24**	8,79ns	1,92n s	7,33+	28,69**	48,48*
OF	1	- 102,42n s	- 829,90n s	29,07ns	353,14ns	522,76*	- 325,67n s	- 478,42n s	65,47n s	751,24+	-15,85ns	6,03n s	- 85,94n s	309,81 ns	171,84 ns
N*N	1	0,002ns	- 0,016ns	-0,445ns	-0,030ns	-0,043**	0,014ns	-0,004ns	0,019n s	-0,042+	0,012ns	0,004 ns	0,009n s	- 0,054**	- 0,114*
OF*N	1	0,326ns	1,839ns	-0,040ns	-1,049ns	-1,55*	0,394ns	0,973ns	-1,14*	-2,49*	-1,43ns	- 0,345*	- 0,358n s	-1,15*	- 0,301n s
OF*OF	1	10,25ns	22,21ns	7,74ns	2,29ns	- 17,31ns	15,54ns	25,26ns	8,88ns	-14,88ns	5,17ns	3,35n s	7,39ns	0,679n s	- 4,67ns
B	1	- 432,10n s	- 58,52ns	92,61ns	391,31*	30,77ns	- 259,67n s	- 110,50n s	96,16n s	-1,06ns	45,08ns	33,39 ns	25,30n s	399,46* *	582,93 +
EFFECTOS MEDIOS: Pvalor															
N	3	0,996	0,348	0,398	0,388	0,010	0,838	0,583	0,055	0,016	0,510	0,090	0,146	0,005	0,019
OF	3	0,670	0,314	0,520	0,041	0,049	0,806	0,093	0,068	0,060	0,203	0,089	0,402	0,010	0,974
PUNTO ESTACIONARIO															
PE	-	5.544,56 5	2.463,5 71	4.047,25	1.320,35	4.465,5 6	4.103,3 9	987,63	1.941, 56	5.346,42	3.818,34	935,2 0	1.754,8 6	3.875,4 1	9.271, 93
TPE	-	Silla	Silla	Silla	Silla	Máximo	Mínimo	Silla	Silla	Silla	Silla	Silla	Silla	Silla	Máxim o
COORDENADAS DEL PUNTO ESTACIONARIO															

N	-	1.172,49 2	162,759	190,75	333,14	313,59	189,16	7,72	192,91	172,79	38,23	154,4 0	190,89	268,32	196,92
OF	-	23,645	11,943	3,61	-0,788	1,07	8,08	91,07	8,72	10,80	6,81	8,84	10,44	-0,460	12,07

*P= Primavera, V= Verano, O= Otoño, I= Invierno

APÉNDICE 5: Superficie de respuesta para la variable MSD en el promedio de los años, todos los años y estaciones promedio.

Variable	GL	PROMEDIO	2002	2003	2004	primavera	verano	otoño	invierno
R2	-	0,893	0,81	0,935	0,871	0,845	0,824	0,659	0,854
CV	-	5,197	8,23	4,02	5,456	7,142	5,213	8,633	9,293
PVALOR									
Cov	1	0,748	0,775	0,06	0,265	0,858	0,515	0,32	0,425
L	2	0,0007	0,0052	0,0002	0,0023	0,004	0,005	0,038	0,003
C	2	0,038	0,1508	0,022	0,0415	0,075	0,073	0,516	0,078
PC	1	0,1768	0,462	0,752	0,141	0,074	0,714	0,755	0,165
Mod T	6	0,0036	0,026	0,0008	0,0076	0,014	0,021	0,155	0,012
lack of fit	3	0,0295	0,08	0,0195	0,123	0,235	0,078	0,159	0,487
PARAMETROS ESTIMADOS DE LOS COEFICIENTES DE REGRESION									
Intercept	1	1011,92*	1097,04ns	1051,32**	888,37*	473,87ns	2396,50**	1279,77*	422,46ns
N	1	6,39**	7,26+	5,86**	6,02**	12,79**	3,39ns	1,23ns	8,46*
OF	1	82,87ns	122,24ns	45,39ns	81,23ns	250,63+	-48,07ns	15,78ns	94,27ns
N*N	1	-0,01*	-0,02+	-0,01*	-0,01*	-0,02*	-0,01+	-0,01ns	-0,01*
OF*N	1	-0,23ns	-0,23ns	-0,23+	-0,24ns	-0,60+	0,07ns	0,06ns	-0,37ns
OF*OF	1	1,57ns	0,97ns	2,99ns	0,73ns	-3,51ns	5,82ns	1,19ns	3,08ns

B	1	-10,28ns	-17,08ns	-47,96+	34,35ns	10,90ns	-26,80ns	-40,64ns	39,48ns
EFFECTOS MEDIOS: Pvalor									
N	3	0,031	0,198	0,006	0,034	0,026	0,126	0,676	0,077
OF	3	0,002	0,011	0,001	0,005	0,01	0,012	0,073	0,005
PUNTO ESTACIONARIO									
PE	-	1825,23	1262,467	1949,167	1672,106	2096,52	2602,668	1255,045	1613,448
TPE	-	SILLA	SILLA	SILLA	SILLA	silla	silla	silla	silla
COORDENADAS DEL PUNTO ESTACIONARIO									
N	-	305,2	373,5	281,4	316,7	656,6	165,3	67,1	272
OF	-	-3,9	-19,5	3,2	-4,2	-20,5	3,1	-8,4	0,9

APÉNDICE 6: Superficie de respuesta para la variable MSD para todas las estaciones.

Variable	GL	P01	V02	O02	I02	P02	V03	O03	I03	P03	V04	O04	I04	P04	V05
R2	-	0,25	0,36	0,48	0,86	0,87	0,85	0,83	0,82	0,85	0,75	0,41	0,53	0,93	0,81
CV	-	16,41	18,44	14,2	13,45	7,36	7,03	9,31	8,27	9,85	6,27	8,12	9,74	6,55	9,12
PVALOR															
Cov	1	0,457	0,438	0,597	0,298	0,634	0,015	0,095	0,427	0,929	0,614	0,784	0,699	0,015	0,179
L	2	0,478	0,526	0,207	0,002	0,003	0,006	0,012	0,023	0,008	0,02	0,186	0,152	0,007	0,014
C	2	0,971	0,728	0,463	0,129	0,035	0,256	0,213	0,056	0,106	0,419	0,822	0,317	0,005	0,046
PC	1	0,9	0,328	0,567	0,252	0,066	0,176	0,018	0,026	0,012	0,082	0,828	0,816	0,096	0,545
Mod T	6	0,864	0,697	0,462	0,009	0,008	0,014	0,018	0,241	0,014	0,064	0,595	0,358	0,001	0,028
lack of fit	3	0,302	0,018	0,411	0,439	0,549	0,022	0,306	0,176	0,133	0,085	0,295	0,577	0,262	0,193
PARAMETROS ESTIMADOS DE LOS COEFICIENTES DE REGRESION															

Intercept	1	2786,9+	3890,5*	1035,8ns	449,4ns	-89,9ns	2698,6**	2031,5**	531,2ns	1053,5ns	1347,4**	770,6*	1186,4*	252,7ns	1648,6ns
N	1	1,82ns	-7,67ns	7,65ns	14,61*	14,49**	-1,70ns	-4,43+	7,48**	22,12**	3,93+	0,48ns	3,33ns	16,34**	19,03*
OF	1	-6,2ns	244,6ns	144,7ns	258,5ns	330,7*	-123,9ns	-150,4+	30,8ns	424,4*	24,3ns	53,2ns	-7,2ns	253,5+	151,8ns
N*N	1	0,002ns	0,003ns	-0,02ns	-0,03*	-0,02**	-0,003ns	0,0002ns	-0,01*	-0,02*	-0,003ns	0,001ns	-0,01ns	-0,03**	-0,04*
OF*N	1	0,08ns	0,62ns	-0,29ns	-0,61ns	-0,63+	0,35ns	0,50*	-0,44*	-1,33**	-0,34+	-0,03ns	-0,05ns	-0,53+	-0,33ns
OF*OF	1	2,97ns	10,40ns	-1,78ns	2,69ns	-7,44ns	8,49ns	7,03+	4,25ns	-7,77ns	4,09ns	-1,68ns	2,34ns	-1,75ns	0,31ns
B	1	100,2ns	-96,8ns	-52,4ns	108,7ns	-27,8ns	-148,5**	-62,9+	26,2ns	-6,5ns	-17,7ns	-6,8ns	-16,4ns	178,0**	156,3ns
EFFECTOS MEDIOS: Pvalor															
N	3	0,99	0,616	0,555	0,144	0,012	0,426	0,097	0,031	0,007	0,281	0,984	0,335	0,005	0,02
OF	3	0,668	0,532	0,321	0,004	0,007	0,008	0,006	0,015	0,017	0,019	0,282	0,372	0,001	0,133
PUNTO ESTACIONARIO															
PE	-	2288,2	2457,3	5103,3	1106,2	3592,9	2272,1	1250,5	1431,9	3269,5	1916,7	1193,6	1524,6	-7222,9	2605,6
TPE	-	minimo	silla	maximo	silla	maximo	silla	silla	silla	silla	silla	maximo	silla	silla	silla
COORDENADAS DEL PUNTO ESTACIONARIO															
N	-	573	-29,9	-555,2	354,2	28,6	60,6	50,7	210,7	208,7	245,7	56,3	210,9	1.493	386,9
OF	-	-7	12,7	85,6	-8	21	6,1	8,9	7,3	9,5	7,2	15,4	3,7	-155,2	-35,9

P= Primavera, V= Verano, O= Otoño, I= Invierno

APÉNDICE 7: Superficie de respuesta para la variable MS desaparecida para el promedio de los años, todos los años y estaciones promedio.

Variable	GL	AÑO PROMEDIO	2002	2003	2004	primavera	verano	otoño	invierno
R2	-	0,832	0,721	0,898	0,742	0,812	0,73	0,24	0,749
CV	-	6,4	10,2	5,7	9,6	9,6	7	15,2	16,1
PVALOR									
Covariable	1	0,191	0,179	0,163	0,056	0,39	0,172	0,938	0,212
Linear	2	0,039	0,168	0,001	0,57	0,066	0,056	0,555	0,053
Cuadrática	2	0,021	0,059	0,087	0,064	0,027	0,075	0,694	0,103
Producto cruzado	1	0,029	0,158	0,029	0,055	0,023	0,936	0,709	0,111
MODELO	6	0,018	0,088	0,004	0,07	0,026	0,079	0,878	0,064
Falta de ajuste	3	0,124	0,171	0,285	0,239	0,546	0,277	0,393	0,554
PARÁMETROS ESTIMADOS DE LOS COEFICIENTES DE REGRESION									
Intercepto	1	443,651+	412,213ns	480,747*	439,173ns	-204,291ns	1538,264**	751,582+	136,181ns
N	1	5,580**	6,925*	4,569**	5,234**	12,265**	3,653+	0,519ns	6,512*
OF	1	45,576ns	88,016ns	21,432ns	27,285ns	195,384+	-63,032ns	-19,612ns	20,572ns
N*N	1	-0,009**	-0,014*	-0,005+	-0,008*	-0,018**	-0,009*	-0,003ns	-0,010+
OF*N	1	-0,270*	-0,301ns	-0,235*	-0,273+	-0,616*	0,013ns	0,061ns	-0,352ns
OF*OF	1	0,742ns	-0,698ns	2,319ns	0,597ns	-4,577ns	4,013ns	1,238ns	4,206ns
B	1	28,125ns	56,390ns	-26,576ns	54,062+	38,827ns	46,178ns	-2,577ns	52,384ns
EFECTOS MEDIOS: Pvalor									
N	3	0,01	0,068	0,003	0,04	0,008	0,044	0,803	0,116
OF	3	0,042	0,157	0,007	0,233	0,069	0,539	0,734	0,047
PUNTO ESTACIONARIO									
PE	-	1184,96	1256,94	1187,01	961,94	1810,81	1683,12	742,44	871,42

TPE	-	Silla							
COORDENADAS DEL PUNTO ESTACIONARIO									
N	-	208	321	267,4	145,5	158,9	209,1	137,2	206,2
OF	-	7,07	-6,06	8,9	10,41	10,65	7,52	4,56	6,2

APÉNDICE 8: Superficie de respuesta para la variable MS desaparecida para todas las estaciones.

Variable	GL	P01	V02	O02	I02	P02	V03	O03	I03	P03	V04	O04	I04	P04	V05
R2	-	0,249	0,242	0,19	0,78	0,82	0,411	0,77	0,743	0,69	0,430	0,396	0,722	0,842	0,778
CV	-	22,4	25,834	23,068	22,799	11,379	21,255	27,584	13,826	17,588	12,760	20,262	17,689	13,718	13,658
PVALOR															
Covariable	1	0,344	0,784	0,796	0,185	0,397	0,257	0,152	0,2133	0,991	0,753	0,308	0,564	0,015	0,083
Linear	2	0,64	0,597	0,915	0,014	0,398	0,447	0,045	0,241	0,087	0,935	0,514	0,035	0,212	0,033
Cuadrática	2	0,866	0,86	0,546	0,201	0,012	0,627	0,18	0,07	0,381	0,675	0,844	0,109	0,008	0,056
Producto cruzado	1	0,837	0,42	0,794	0,197	0,012	0,487	0,039	0,034	0,041	0,079	0,251	0,570	0,155	0,820
MODELO	6	0,8664	0,8749	0,9319	0,0423	0,0226	0,5918	0,0491	0,0684	0,119	0,554	0,620	0,087	0,015	0,044
Falta de ajuste	3	0,38	0,062	0,723	0,536	0,56	0,337	0,118	0,206	0,232	0,032	0,563	0,709	0,374	0,380
PARÁMETROS ESTIMADOS DE LOS COEFICIENTES DE REGRESION															
Intercepto	1	1.431ns	2.294*	692ns	-807ns	-535ns	1.675+	1.306*	207ns	-1.270ns	938,253+	255,988ns	1.009,92**	-445,06ns	1.240,742ns
N	1	-0,464ns	-4,198ns	5,006ns	13,033+	13,877**	-2,600ns	-4,439+	5,042**	20,267*	3,130ns	1,001ns	1,454ns	15,346**	18,285*

OF	1	66,036ns	160,65ns8	81,919ns	191,053ns	240,389*	128,671ns	169,878+	6,272ns	391,580ns	133,805ns	29,277ns	123,150*	216,257ns	51,582ns
N*N	1	0,000ns	0,002ns	0,012ns	0,023ns	0,021**	0,003ns	0,002ns	0,007+	0,017ns	0,001ns	0,001ns	0,002ns	-0,033**	-0,042*
OF*N	1	0,082ns	0,341ns	0,117ns	0,685ns	-0,741*	0,239ns	0,443*	-0,303*	-1,318*	0,395ns	0,144ns	0,069ns	0,483ns	-0,136ns
OF*OF	1	4,502ns	4,745ns	3,318ns	3,204ns	7,450ns	6,793ns	8,020+	3,561ns	9,135ns	0,3989	0,703	0,054	0,377	0,958
B	1	77,106ns	22,083ns	23,355ns	139,934ns	39,904ns	80,283ns	56,366ns	31,200ns	0,565ns	0,7582	0,307	0,553	0,015	0,083
EFFECTOS MEDIOS: Pvalor															
N	3	0,993	0,755	0,697	0,208	0,007	0,795	0,172	0,045	0,039	0,311	0,644	0,691	0,011	0,020
OF	3	0,747	0,656	0,973	0,022	0,044	0,458	0,017	0,073	0,145	0,253	0,426	0,030	0,243	0,783
PUNTO ESTACIONARIO															
PE	-	1.195,46	1.069,97	1.492,82	1.048,53	1.708,59	1.036,78	410,178	642,142	2.405,60	864,139	421,911	422,584	1.935,481	3.106,176
TPE	-	Silla	Silla	Maximo	Silla	Maximo	Minimo	Silla	Silla	Silla	SILLA	SILLA	SILLA	MAXIMO	SILLA
COORDENADAS DEL PUNTO ESTACIONARIO															
N	-	100,2	172,534	166,138	281,083	315,689	175,701	30,347	183,543	130,435	132,284	87,620	164,531	147,916	242,480
OF	-	6,426	10,73	9,409	0,246	0,443	6,377	9,752	8,695	12,023	10,875	8,339	11,480	11,520	-13,625

P= Primavera, V= Verano, O= Otoño, I= Invierno

APÉNDICE 9: Superficie de respuesta para la variable MS desaparecida en % en función de MSD el promedio de los años, todos los años y estaciones promedio.

Variable	Promedio años	Año 2002	Año 2003	Año 2004	primavera	verano	otoño	invierno
R2	0,94	0,96	0,52	0,82	0,898	0,929	0,576	0,781
CV	2,22	2,27	4,36	7,67	3,529	2,545	5,449	5,594
PVALOR								
Cov	0,0030	<,0001	0,9058	0,1439	0,077	0,002	0,246	0,078
L	0,0002	0,0002	0,3035	0,0047	0,002	0,000	0,176	0,080
C	0,0753	0,0081	0,1778	0,5825	0,027	0,292	0,264	0,065
PC	0,0078	0,0025	0,6600	0,1509	0,012	0,505	0,680	0,060
Mod T	0,0005	0,0001	0,3823	0,0228	0,004	0,001	0,279	0,042
lack of fit	0,3612	0,7088	0,4109	0,1775	0,882	0,918	0,204	0,563
PARÁMETROS ESTIMADOS DE LOS COEFICIENTES DE REGRESION								
Intercept	53,3**	47,9**	56,8 **	55,7 **	44,1**	67,7**	58,5**	49,7**
N	0,07**	0,12**	0,03 ns	0,09ns	0,159**	0,020ns	-0,025ns	0,106*
OF	-1,21+	0,49ns	- 2,29 ns	- 2,31ns	0,998nsns	-2,197*	-2,856+	-2,432ns
N*N	-6,63E-05ns	-1,78E-04**	-4,87E-06ns	-5,12E-05ns	-2,24E-04**	1,34E-05ns	4,50E-05ns	-1,34E-04ns
OF*N	-0,005**	- 0,0074 **	-0,0013	- 0,0074ns	-0,009*	-0,001ns	0,001ns	-0,007+
OF*OF	0,06ns	- 0,020ns	0,135	0,095ns	-0,042ns	0,072ns	0,120ns	0,160+
B	1,28**	2,716**	0,062	1,493ns	1,075+	1,781**	0,777ns	1,346+
EFECTOS MEDIOS: Pvalor								
N	0,0269	0,0022	0,4496	0,4600	0,008	0,159	0,907	0,134
OF	0,0002	0,0002	0,2810	0,0071	0,003	0,001	0,137	0,027
PUNTO ESTACIONARIO								

PE	47,6	50,6	53,2	41,5	47,042	51,017	40,938	43,265
TPE	SILLA	SILLA	SILLA	SILLA	SILLA	MINIMO	MINIMO	SILLA
COORDENADAS DEL PUNTO ESTACIONARIO								
N	41,6	- 24,6	865,8	- 13,0	-113,859	23,985	112,767	112,577
OF	11,8	16,8	12,8	11,7	23,948	15,457	11,273	10,236

APÉNDICE 10: Superficie de respuesta para la variable MS desaparecida en % en función de la MSD para todas las estaciones.

Variabl e	G L	P01	V02	O02	I02	P02	V03	O03	I03	P03	V04	O04	I04	P04	V05
R2	-	0,285	0,839	0,477	0,675	0,817	0,141	0,674	0,647	0,522	0,663	0,611	0,856	0,785	0,835
CV	-	10,961	7,124	10,473	8,880	9,164	17,015	17,649	7,580	8,318	9,086	16,194	13,023	9,260	4,836
PVALOR															
Cov	1	0,459	0,009	0,346	0,049	0,143	0,974	0,314	0,167	0,772	0,409	0,167	0,574	0,073	0,025
L	2	0,621	0,006	0,147	0,272	0,018	0,861	0,124	0,338	0,177	0,052	0,104	0,002	0,053	0,010
C	2	0,596	0,951	0,886	0,382	0,121	0,682	0,201	0,171	0,896	0,556	0,775	0,056	0,039	0,062
PC	1	0,840	1,000	0,934	0,102	0,028	0,855	0,104	0,112	0,135	0,166	0,229	0,639	0,334	1,000
Mod T	6	0,815	0,016	0,461	0,136	0,024	0,969	0,138	0,172	0,376	0,151	0,223	0,011	0,040	0,017
lack of fit	3	0,125	0,417	0,763	0,754	0,079	0,552	0,191	0,357	0,275	0,011	0,485	0,527	0,289	0,778
PARÁMETROS ESTIMADOS DE LOS COEFICIENTES DE REGRESION															
Interce pt	1	52,702**	65,542**	64,069**	30,011+	30,592+	65,476*	71,142**	39,355**	54,281*	67,847**	37,716*	75,212**	37,632*	67,543**
N	1	2,E- 02ns	-3,E- 03ns	3,E- 02ns	2,E-01+	3,E-01**	-7,E- 02ns	-2,E- 01ns	1,E-01*	2,E- 01ns	4,E-02ns	6,E- 02ns	2,E- 02ns	2,E-01*	1,E-01*
OF	1	- 3,E+00n	- 2,E+00n	- 1,E+00n	3,E+00n s	2,E+00n s	- 3,E+00ns	- 7,E+00+	- 1,E+00n	3,E+00n s	- 2,E+00n	3,E- 01ns	- 8,E+00*	1,E+00n s	-1,E+00ns

		s	s	s					s		s		*			
N*N	1	-4,E-05ns	1,E-05ns	-9,E-05ns	-2,E-04ns	-3,E-04+	2,E-04ns	8,E-05ns	-2,E-04ns	-5,E-05ns	2,E-04ns	1,E-04ns	2,E-05ns	-5,E-04*	-3,E-04*	
OF*N	1	1,E-03ns	0,E+00ns	7,E-04ns	-1,E-02ns	-2,E-02**	2,E-03ns	2,E-02ns	-8,E-03ns	-1,E-02ns	-1,E-02ns	-1,E-02ns	-3,E-03ns	-7,E-03ns	0,E+00ns	
OF*OF	1	1,E-01ns	3,E-02ns	-2,E-02ns	-2,E-02ns	-9,E-02ns	1,E-01ns	4,E-01ns	1,E-01ns	-8,E-02ns	1,E-01ns	-1,E-02ns	4,E-01*	-1,E-01ns	2,E-02ns	
B	1	- 1,E+00ns	3,E+00**	2,E+00ns	3,E+00ns	2,E+00+	-8,E-02ns	- 2,E+00ns	1,E+00ns	5,E-01ns	1,E+00ns	3,E+00ns	-7,E-01ns	3,E+00+	3,E+00*	
EFFECTOS MEDIOS: Pvalor																
N	3	0,771	0,999	0,946	0,169	0,049	0,899	0,374	0,141	0,286	0,399	0,552	0,952	0,055	0,012	
OF	3	0,794	0,012	0,258	0,219	0,013	0,875	0,049	0,213	0,214	0,059	0,127	0,003	0,086	0,394	
PUNTO ESTACIONARIO																
PE	-	44,277	25,449	75,117	56,544	45,980	43,787	33,532	43,589	72,904	65,518	38,966	24,519	63,223	71,230	
TPE	-	silla	minimo	maximo	silla	silla	minimo	silla	silla	silla	silla	silla	minimo	maximo	silla	
COORDENADAS DEL PUNTO ESTACIONARIO																
N	-	327,674	123,521	79,262	221,216		- 38,990	126,562	-39,661	152,167	47,612	-227,844	14,641	301,654	226,68 5	219, 7
OF	-	8,149	35,859	-20,071	4,933		16,604	10,595	10,993	10,553	11,599	-2,769	5,719	12,779	-0,484	23,0 4

APÉNDICE 11: Superficie de respuesta para la variable estacionalidad de la producción de MS.

Variable	GL	primavera	verano	otoño	invierno
R2	-	0,42	0,83	0,43	0,62
CV	-	8,26	5,59	12,3	13,55
PVALOR					
Cov	1	0,41	0,799	0,695	0,12

L	2	0,611	0,005	0,347	0,132
C	2	0,496	0,595	0,499	0,764
PC	1	0,243	0,043	0,341	0,171
Mod T	6	0,579	0,021	0,559	0,207
lack of fit	3	0,911	0,729	0,86	0,473
PARAMETROS ESTIMADOS DE LOS COEFICIENTES DE REGRESION					
Intercept	1	16,440+	59,063**	22,943**	3,393ns
N	1	0,063ns	-0,087*	-0,032ns	0,055ns
OF	1	2,607ns	-2,641+	-1,401ns	1,106ns
N*N	1	-4,12E-05ns	6,13E-05ns	1,33E-05ns	-4,81E-05ns
OF*N	1	-0,005ns	0,007*	0,003ns	-0,004ns
OF*OF	1	-0,097ns	0,035ns	0,072ns	-0,003ns
B	1	-0,636ns	-0,146ns	-0,219ns	0,929ns
EFFECTOS MEDIOS: Pvalor					
N	3	0,505	0,116	0,726	0,408
OF	3	0,402	0,006	0,275	0,147
PUNTO ESTACIONARIO					
PE	-	34	35,7	16,7	14,7
TPE	-	SILLA	SILLA	SILLA	SILLA
COORDENADAS PUNTO ESTACIONARIO					
N	-	25,6	317,1	-217,4	262,4
OF	-	12,8	7,2	13,9	7,4

APÉNDICE 12: Superficie de respuesta para la variable Carga animal (kg/ha/día) para el promedio de los años, todos los años y estaciones promedio.

Variable	GL	PROMEDIO	2002	2003	2004	primavera	verano	otoño	invierno
R2	-	0,9753	0,9783	0,972	0,9495	0,94	0,97	0,96	0,96
CV	-	5,842	4,977	6,909	8,637	9,68	6,41	7,68	8,30
PVALOR									
Covariable	1	0,6592	0,5803	0,7452	0,2726	0,3093	0,4669	0,5789	0,3
Lineal	2	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Cuadrática	2	0,0008	0,0008	0,001	0,0041	0,0171	0,0033	0,0023	0,0023
Productos cruzados	1	0,0624	0,0094	0,2426	0,2749	0,0227	0,217	0,8019	0,1021
MODELO	6	<,0001	<,0001	<,0001	0,0003	0,0006	<,0001	0,0001	0,0002
Falta ajuste	3	0,0569	0,3885	0,0887	0,0283	0,0832	0,5613	0,0881	0,2103
PARÁMETROS ESTIMADOS DE LOS COEFICIENTES DE REGRESIÓN									
Intercepto	1	1.355,051**	1.552,157**	1.590,951**	924,386**	1.294,1149**	1.695,2460**	1.152,4298**	996,0274**
N	1	2,274**	3,209**	2,106*	1,508*	4,9350**	1,5151+	0,3837ns	2,0439*
OF	1	-155,806**	-166,126**	-192,802**	-109,211**	-145,9958*	-182,2582**	-135,0908**	-121,7731**
N*N	1	-0,003*	-0,004*	-0,004*	-0,003*	-0,0053+	-0,0019ns	-0,0015ns	-0,0033*
OF*N	1	-0,109+	-0,194**	-0,077ns	-0,057ns	-0,2945*	-0,0889ns	0,0115ns	-0,0950ns
OF*OF	1	6,549**	7,289**	7,854**	4,554**	6,8782*	7,3936**	5,2163**	5,3266**
B	1	4,046ns	5,779ns	-4,618ns	10,972ns	21,5298ns	-10,5207ns	-5,4379ns	10,8470ns
EFECTOS MEDIOS: Pvalor									
N	3	0,0234	0,0075	0,0604	0,1055	0,0165	0,3261	0,5663	0,0481
OF	3	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,0002	<,0001	<,0001	<,0001
PUNTO ESTACIONARIO									

PE	-	490,7	656,7	493,7	326,8	617	593	324	362
TPE	-	SILLA	SILLA	SILLA	SILLA	SILLA	SILLA	SILLA	SILLA
COORDENADAS DEL PUNTO ESTACIONARIO									
N	-	127,76	102,64	148,83	138,11	107,4	98,3	173,2	128,5
OF	-	12,96	12,76	13,01	12,85	12,9	12,9	12,8	12,6

APÉNDICE 13: Superficie de respuesta para la variable carga animal (kg/ha/día) para todas las estaciones.

Variable	GL	P01	V02	O02	I02	P02	V03	O03	I03	P03	V04	O04	I04	P04	v05
R2	-	0,85	0,97	0,93	0,93	0,93	0,91	0,97	0,94	0,95	0,91	0,94	0,96	0,94	0,99
CV	-	15,14	5,55	9,97	8,32	10,13	12,12	8,07	12,1	10,05	9,23	10,29	9,15	9,41	3,49
PVALOR															
Covariable	1	0,631	0,737	0,939	0,274	0,550	0,482	0,138	0,333	0,612	0,685	0,833	0,696	0,032	0,234
Lineal	2	0,0031	0,0001	0,0002	0,0003	0,0002	0,0004	0,0001	0,0002	0,0001	0,0005	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Cuadrática	2	0,206	0,003	0,012	0,008	0,041	0,037	0,001	0,006	0,010	0,011	0,030	0,002	0,004	0,0003
Productos cruzados	1	0,0511	0,0132	0,3221	0,138	0,0477	0,787	0,0355	0,0782	0,0096	0,579	0,585	0,507	0,127	0,0095
MODELO	6	0,0131	0,0001	0,001	0,0012	0,0009	0,0023	0,0001	0,0007	0,0003	0,002	0,0006	0,0001	0,0005	0,0001
Falta ajuste	3	0,491	0,881	0,429	0,86	0,178	0,497	0,126	0,0145	0,0234	0,127	0,168	0,186	0,046	0,2626
PARÁMETROS ESTIMADO DE LOS COEFICIENTES DE REGRESIÓN															
Intercepto	1	1198,9*	2324,3**	1380,0**	1037,1**	1465,5*	2532,1**	1624,5**	1012,7**	1188,6**	980,8**	446,2**	946,4554*	1326,1**	948,7**
N	1	5,31*	3,62*	1,97+	2,48*	4,785*	1,067ns	-1,07ns	2,65*	5,77**	0,887ns	0,260ns	0,9861+	3,871**	0,468+
OF	1	-122,2ns	-239,9**	-159,3**	-108,9**	-155,9*	-287,7**	-196,2**	-137,3**	-148,7**	-110,0**	-48,62**	-120,4413*	-157,7**	-91,99**

N*N	1	- 0,0034n s	- 0,0019n s	- 0,0034n s	- 0,0043 *	- 0,0047n s	- 0,0042n s	- 0,0009n s	- 0,0037 *	- 0,0060 *	- 0,0020n s	- 0,0004n s	-0,0019ns	- 0,0071 *	0,0007n s
OF*N	1	-0,39+	-0,295*	- 0,088ns	- 0,109n s	-0,284*	0,045ns	0,137*	-0,145*	- 0,345**	- 0,0317n s	- 0,0142n s	-0,0297ns	- 0,150n s	- 0,0714* *
OF*OF	1	6,49ns	10,73**	6,65**	4,85*	6,911*	10,57*	7,12**	6,35**	7,31*	4,70**	1,816*	4,8485**	6,834**	3,590**
B	1	16,41ns	-6,97ns	0,824ns	15,03n s	14,31ns	- 24,10ns	- 18,01ns	14,06n s	9,79ns	-4,90ns	0,943ns	3,0897ns	45,33*	- 5,473ns
EFFECTOS MEDIOS: Pvalor															
N	3	0,105	0,039	0,280	0,063	0,030	0,685	0,129	0,074	0,005	0,511	0,836	0,196	0,0245	0,0396
OF	3	0,0041	0,0001	0,0002	0,0004	0,0003	0,0006	0,0001	0,0002	0,0001	0,0005	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001
PUNTO ESTACIONARIO															
PE	-	687,3	989,1	484,6	503,3	667,4	738,5	379,1	335	560	369,7	124	248,7	562	193,9
TPE	-	Silla	Silla	Silla	Silla	Silla	Silla	Silla	Silla	Silla	Silla	Silla	Silla	Silla	Mínimo
COORDENADAS DEL PUNTO ESTACIONARIO															
N	-	81,8	39,8	126,1	125,8	103,9	197	260,4	119,9	112,7	128,4	91,2	162,5	135,6	740,6
OF	-	11,9	11,7	12,8	12,7	13,4	13,2	11,3	12,2	12,8	12,1	13,7	12,9	13	20,2

P= Primavera, V= Verano, O= Otoño, I= Invierno

APÉNDICE 14: Superficie de respuesta para la variable Carga animal (UG/ha/día) para el promedio de los años, todos los años y estaciones promedio.

Variable	GL	Promedio Años	Año 2002	Año 2003	Año 2004	primavera	verano	otoño	invierno
R2	-	0,9754	0,9781	0,9706	0,9491	0,9395	0,9662	0,961	0,9578
CV	-	5,8265	5,0063	7,0774	8,6892	9,7217	6,3262	7,7827	8,1556
Pvalor									
Covariable	1	0,6132	0,5849	0,751	0,2606	0,3171	0,4596	0,6383	0,2848
Lineal	2	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Cuadrática	2	0,0007	0,0008	0,0011	0,0041	0,018	0,0032	0,0024	0,0022
Productos cruzados	1	0,0649	0,0095	0,2567	0,2603	0,0239	0,2205	0,7823	0,098
MODELO	6	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	0,0006	0,0001	0,0001	0,0002
Falta ajuste	3	0,0519	0,4007	0,0891	0,0211	0,0814	0,5677	0,0792	0,2005
PARÁMETROS ESTIMADO DE LOS COEFICIENTES DE REGRESIÓN									
Intercepto	1	3,576946**	4,084**	4,18225**	2,431149**	3,4**	4,457**	3,041613**	2,620037**
N	1	0,005922**	0,008497**	0,005541*	0,004031*	0,012922**	0,003904+	0,000958ns	0,005318**
OF	1	-0,411799**	-0,437952**	-0,506198**	-0,288032**	-0,000013827*	-0,477507**	-0,356677**	-0,319368**
N*N	1	-0,00000876*	-0,000009508*	-0,000009762*	-0,000007474*	-0,000013827+	-0,000004751ns	-3,3693E-06ns	-0,000008536*
OF*N	1	-0,000283+	-0,000512**	-0,000202ns	-0,000155ns	-0,000768*	-0,000229ns	0,000033693ns	-0,000249+
OF*OF	1	0,017307**	0,019238**	0,020598**	0,012066**	0,017976*	0,019296**	0,01378**	0,01392**
B	1	0,01237ns	0,015092ns	-0,012147ns	0,029882ns	0,055914ns	-0,027788ns	-0,012397ns	0,02904ns
EFECTOS MEDIOS: Pvalor									
N	3	0,024	0,008	0,067	0,105	0,017	0,329	0,582	0,047
OF	3	0,0001	0,0001	0	0	0	0	0	0

PUNTO ESTACIONARIO									
PE	-	1,292	1,729	1,3	0,861	1,62	1,555	0,854	0,948
TPE	-	silla	silla	silla	silla	silla	silla	silla	silla
COORDENADAS DEL PUNTO ESTACIONARIO									
N	-	128,82	103,274	149,002	136,783	107,724	98,39	173,286	127,452
OF	-	12,95	12,757	13,019	12,814	12,94	12,957	12,73	12,602

APÉNDICE 15: Superficie de respuesta para la variable carga animal (UG/ha/día) para todas las estaciones.

Variable	GL	P01	V01	O01	I01	P02	V02	O02	I02	P03	V03	O03	I03	P04	V04
R2	-	0,849 2	0,9705	0,9282	0,9264	0,9311	0,9096	0,9651	0,9373	0,9506	0,9134	0,9378	0,962	0,9445	0,9902
CV	-	15,11 49	5,5676	10,0827	8,2881	10,1547	12,1623	8,099	11,9959	10,0449	9,2647	10,3547	9,1588	9,3978	3,5146
Pvalor															
Covariable	1	0,625 9	0,7474	0,9494	0,2764	0,5543	0,489	0,1414	0,3411	0,6202	0,6657	0,8736	0,6651	0,031	0,2421
Lineal	2	0,003 1	0,0001	0,0002	0,0003	0,0002	0,0004	0,0001	0,0002	0,0001	0,0005	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Cuadrática	2	0,203 1	0,0026	0,0134	0,0081	0,0418	0,0372	0,0014	0,006	0,0097	0,0107	0,0323	0,0023	0,004	0,0003
Productos cruzados	1	0,050 2	0,0135	0,3306	0,1338	0,0499	0,7807	0,0346	0,0745	0,0095	0,5616	0,5565	0,4923	0,1294	0,0097
MODELO	6	0,012 8	0,0001	0,0011	0,0012	0,001	0,0024	0,0001	0,0007	0,0003	0,0021	0,0007	0,0001	0,0005	0,0001
Falta ajuste	3	0,490 7	0,8845	0,4386	0,8566	0,1838	0,4924	0,1347	0,0128	0,0231	0,1232	0,1933	0,1778	0,0475	0,3121
PARÁMETROS ESTIMADO DE LOS COEFICIENTES DE REGRESIÓN															
Intercepto	1	3,156 674*	6,11748 4**	3,63422 1**	2,7233 14**	3,86234 5**	6,67833 1**	4,27573 3**	2,65051 1**	3,11034 4**	2,57304 2**	1,16578 6**	2,49542 6**	3,50139 6**	2,48762 8**
N	1	0,014	0,00950	0,00513	0,0065	0,01256	0,00273	-	0,00697	0,01523	0,00236	0,00070	0,00264	0,01018	0,00124

		004*	8*	8+	31*	1*	4ns	0,00287 2ns	5*	5**	9ns	9ns	9+	7**	5*
OF	1	- 0,322 688ns	- 0,63097 4**	- 0,41901 8**	- 0,2859 24**	- 0,41062*	- 0,75931 9**	- 0,51584 1**	- 0,35884 8**	- 0,38739 **	- 0,28906 9**	- 0,12661 3**	- 0,31908 7**	- 0,41727 9**	- 0,24040 1**
N*N	1	- 0,000 00897 6ns	- 0,00000 5126ns	- 0,00000 8744ns	- 1,1413 E-06*	- 0,00001 2344ns	- 0,00001 0921ns	- 0,00000 2307ns	- 0,00000 9558+	- 0,00001 5799*	- 0,00000 5119ns	- 0,00000 0938ns	- 0,00000 4986ns	- 0,00001 8779*	- 0,00000 1737ns
OF*N	1	- 0,001 051+	- 0,00077 5*	- 0,00022 9ns	- 0,0002 9ns	- 0,00074 1*	- 0,00012 1ns	- 0,00036 4*	- 0,00038 4+	- 0,00091 **	- 0,00008 7601ns	- 0,00004 0431ns	- 0,00008 0863ns	- 0,00039 1ns	- 0,00018 9**
OF*OF	1	- 0,017 153ns	- 0,02817* *	- 0,0175**	- 0,0127 35*	- 0,01811 4*	- 0,02788*	- 0,01870 6**	- 0,01660 2**	- 0,01902 1*	- 0,01238 7**	- 0,00475*	- 0,01290 7**	- 0,01808 3**	- 0,00936 1**
B	1	- 0,043 811ns	- 0,01770 6ns	- 0,00164 2ns	- 0,0391 36ns	- 0,03732 7ns	- 0,06266 2ns	- 0,04704 1ns	- 0,03599 5ns	- 0,25133 ns	- 0,01372 1ns	- 0,00180 7ns	- 0,00909 8ns	- 0,12021 2*	- 0,01424 7ns
EFFECTOS MEDIOS: Pvalor															
N	3	0,103	0,04	0,297	0,061	0,031	0,691	0,128	0,071	0,0052	0,5113	0,8283	0,1898	0,0242	0,0399
OF	3	0,004	0,0001	0	0	0	0,001	0	0	0,0001	0,0005	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001
PUNTO ESTACIONARIO															
PE	-	1,808	2,601	1,277	1,324	1,752	1,943	1,002	0,881	1,47214 2	0,97260 9	0,32919 2	0,65628 6	1,47990 9	0,50318 5
TPE	-	silla	silla	silla	silla	silla	silla	silla	silla	silla	silla	silla	silla	silla	minimo
COORDENADAS DEL PUNTO ESTACIONARIO															
N	-	82,05 3	39,641	126,159	125,50 3	104,378	198,415	263,03	119,861	111,932	127,715	83,134	161,261 793	135,883	748,796
OF	-	11,92	11,745	12,798	12,653	13,47	13,186	11,229	12,194	12,86	12,12	13,681	12,8660 79	13,006	20,387

P= Primavera, V= Verano, O= Otoño, I= Invierno

APENDICE 16. Superficie de respuesta para la variable MS desaparecida cada 100 kg peso vivo (%PV) para el promedio de los años, todos los años y estaciones promedio.

Variable	GL	Promedio Años	Año 2002	Año 2003	Año 2004	primavera	verano	otoño	invierno
R2	-	0,9718	0,9572	0,9934	0,8659	0,9609	0,9416	0,9532	0,946
CV	-	5,7007	7,7216	3,3865	10,2682	6,6039	8,8323	7,3077	10,1075
Pvalor									
Covariable	1	0,124	0,0826	0,5741	0,2075	0,688	0,0456	0,2527	0,2266
Lineal	2	<,0001	<,0001	<,0001	0,0014	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Cuadrática	2	0,6392	0,1381	0,1226	0,6523	0,1223	0,123	0,682	0,2817
Productos cruzados	1	0,1335	0,2957	0,9394	0,1125	0,3602	0,3272	0,9754	0,1406
MODELO	6	<,0001	0,0002	<,0001	0,0088	0,0001	0,0005	0,0003	0,0004
Falta ajuste	3	0,055	0,0162	0,8919	0,0947	0,422	0,9575	0,4663	0,2251
PARÁMETROS ESTIMADO DE LOS COEFICIENTES DE REGRESIÓN									
Intercepto	1	-0,134897ns	-0,407214ns	0,269132	-0,302786ns	-0,378339ns	0,461691	0,2627ns	-0,24413ns
N	1	0,003541**	0,005404**	0,000197	0,005169**	0,005245**	0,006361	-0,00066**	0,006891**
OF	1	0,263152ns	0,303225ns	0,128242	0,362522ns	0,334856ns	0,249215	0,239873ns	0,185348ns
N*N	1	-0,000003343**	-0,00001195**	1,542E-06	00.000000692**	-0,000010592**	-2,38E-05	0,000002998**	-0,000009276**
OF*N	1	-0,000276**	-0,000249**	-6,739E-06	-0,000593**	-0,000202**	0,000431	-0,000006739**	-0,000478**
OF*OF	1	-0,001995**	-0,00375**	0,004382	-0,006736**	-0,005936**	-0,001272	-0,00293**	0,006482**
B	1	0,056584+	0,088887+	-0,010319	0,090478+	0,017609*	0,197329	0,05234+	0,075288+
EFECTOS MEDIOS: Pvalor									
N	3	0,3764	0,1659	0,1144	0,4102	0,22	0,031	0,924	0,2885
OF	3	<,0001	<,0001	<,0001	0,0022	<,0001	0	<,0001	<,0001

PUNTO ESTACIONARIO									
PE	-	-0,115979	6,423812	-0,68325	2,457567	4,35	-33,702	5,098276	1,03445
TPE	-	Silla	Silla	Silla	Silla	Máximo	Silla	Silla	Silla
COORDENADAS DEL PUNTO ESTACIONARIO									
N	-	1179,58303	-299,621627	-95,917945	392,5003	-25,727	1907,884	155,787142	379,217283
OF	-	-15,728776	50,395939	-14,705744	9,632598	28,642	-225,479	40,746105	-0,3021

APENDICE 17. Superficie de respuesta para la variable MS desaparecida cada 100 kg peso vivo (%PV) para el promedio de los años, todos los años y estaciones promedio.

Variabl e	P01	V02	O02	I02	P02	V03	O03	I03	P03	V04	O04	I04	P04	V05
R2	0,85	0,54	0,80	0,93	0,94	0,81	0,91	0,95	0,90	0,70	0,78	0,63	0,91	0,92
CV	16,12	21,52	14,27	15,25	7,86	20,32	21,72	9,19	11,68	15,79	15,17	15,08	11,48	13,57
Pvalor														
Cov	0,123	0,446	0,557	0,137	0,385	0,460	0,326	0,148	0,834	0,411	0,179	0,459	0,089	0,060
L	0,003	0,135	0,004	1,0E-04	1,0E-04	0,004	4,0E-04	1,0E-04	3,0E-04	0,033	0,012	0,040	0,001	4,0E-04
C	0,497	0,960	0,438	0,340	0,008	0,511	0,094	0,214	0,607	0,492	0,313	0,751	0,047	0,042
PC	0,047	0,186	0,845	0,161	0,018	0,546	0,072	0,226	0,200	0,159	0,167	0,659	0,253	0,270
Mod T	0,013	0,338	0,030	0,001	0,001	0,026	0,002	2,0E-04	0,003	0,108	0,041	0,193	0,002	0,002
lack of fit	0,013	0,030	0,798	0,348	0,951	0,561	0,101	0,140	0,259	0,010	0,539	0,566	0,166	0,776
PARÁMETROS ESTIMADO DE LOS COEFICIENTES DE REGRESIÓN														
Interce pt	2,540*	1,488+	-0,148ns	-1,790ns	-1,120*	0,860ns	1,782+	-0,048ns	-1,535ns	-0,064ns	-0,830ns	1,107ns	-1,393ns	-0,452ns
N	-1,1E-2+	-5,5E-3+	2,3E-3ns	1,5E-2+	9,7E-3**	-5,2E-3ns	-7,3E-3ns	4,9E-3+	8,7E-3ns	3,4E-3 ns	3,2E-3 ns	9,2E-4 ns	1,3E-2*	3,3E-2 ns
OF	-0,159ns	-	0,407+	0,440ns	0,399**	0,031ns	-	0,119ns	0,620*	0,397 ns	0,563 ns	0,003 ns	0,478*	0,608 ns

		0,039ns					0,256ns							
N*N	5,7E-06ns	1,9E-06ns	-9,4E-06ns	-2,2E-05ns	-1,7E-05**	1,0E-05ns	4,4E-06ns	-7,2E-06ns	-2,4E-06ns	1,5E-05ns	1,4E-05ns	1,3E-06ns	-2,8E-05*	-1,2E-04*
OF*N	9,3E-04*	4,7E-04ns	1,0E-04ns	-9,9E-04ns	-5,6E-04*	2,4E-04ns	7,1E-04+	-2,8E-04ns	-7,3E-04ns	-8,9E-04ns	-8,5E-04ns	-1,5E-04ns	-4,9E-04ns	1,9E-03ns
OF*OF	9,6E-03ns	1,1E-03ns	-1,3E-02ns	7,8E-03ns	-1,1E-02*	4,6E-03ns	1,9E-02*	5,7E-03ns	-1,2E-02ns	-6,7E-03ns	-1,5E-02ns	5,4E-03ns	-1,1E-02ns	-3,8E-03ns
B	-1,3E-01ns	5,1E-02ns	6,2E-02ns	2,1E-01ns	3,4E-02ns	-6,0E-02ns	7,2E-02ns	6,7E-02ns	2,3E-02ns	9,8E-02ns	1,6E-01ns	-5,0E-02ns	1,5E-01+	7,0E-01+
EFFECTOS MEDIOS: Pvalor														
N	0,1787	0,4368	0,8642	0,2725	0,0095	0,6535	0,2547	0,3354	0,4097	0,3703	0,3898	0,9687	0,0744	0,013
OF	0,004	0,171	0,0078	0,0003	0,0002	0,0075	0,0005	<,0001	0,0007	0,0411	0,0152	0,0666	0,0009	0,0014
PUNTO ESTACIONARIO														
PE	2,011	1,180	3,470	0,490	2,603	-0,417	1,591	0,772	3,539	2,843	2,948	0,249	4,044	-51,115
TPE	SILLA	SILLA	MÁX	SILLA	MÁX	MÍN	SILLA	SILLA	SILLA	SILLA	SILLA	MÍN	MÁX	SILLA
COORDENADAS DEL PUNTO ESTACIONARIO														
N	-87,63	29,68	209,52	397,86	-36,70	410,86	-540,36	370,39	594,47	258,55	251,29	-1793,29	55,46	-811,19
OF	12,52	11,56	16,64	-2,91	19,57	-14,17	16,84	-1,46	8,02	12,45	11,97	-24,82	21,20	-122,86

P= Primavera, V= Verano, O= Otoño, I= Invierno

APÉNDICE 18: Análisis de la varianza de las variables de los factores estudiados individualmente
 Respuestas lineales

	DISPONIBLE OTOÑO PROMEDIO			DESAPARECIDO (KG/HA) OTOÑO PROMEDIO			REMANENTE OTOÑO PROMEDIO		
F.V.	GL	SC	CM	GL	SC	CM	GL	SC	CM
Regresión	1	220539,04	220539,04	1	380156,21	380156,21	1	674651,17	674651,17
Residuos	10	169523,33	16952,33	7	98317,26	14045,32	12	262977,82	21914,82
Total	11	390062,37		8	478473,47		13	937628,99	

Respuestas cuadráticas

	PRODUCCIÓN OTOÑO PROMEDIO		
F.V.	GL	SC	CM
Modelo.	2	782187,22	391093,61
Oferta	1	519406,56	519406,56
Oferta^2	1	262780,66	262780,66
Error	9	219021,90	24335,77
Total	11	1001209,12	
	PRODUCCIÓN VERANO PROMEDIO		
F.V.	GL	SC	CM
Modelo.	2	686887,45	343443,73
N	1	90829,00	90829,00
N^2	1	596058,45	596058,45
Error	9	732251,17	81361,24

Total	11	1419138,62
--------------	----	------------

APÉNDICE 19: Precipitaciones (mm) registradas durante el experimento.

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	setiembre	octubre	noviembre	diciembre
2002	180,8	67	310	340,2	93,8	23,2	83,4	54,6	151	111	266,8	109
2003	0	33,8	195,6	231,4	228,8	33,6	31	184,6	80,4	56,2	138,6	95,6
2004	79,4	18,4	61,3	278,1	32,7	19,6	20,4	15,2	53,6	102	126,6	39,4
2005	216,7	72,5	136,6	192,4	238,3	135	54,1	66,7	117,5	113,8	67,5	96,2

	verano	otoño	inverno	primavera	TOTAL
2002	247,8*	744	161,2	528,8	1790,8
2003	142,8	655,8	249,2	275,2	1309,6
2004	193,4	372,1	55,2	282,2	846,7
2005	328,6	567,3	255,3	298,8	1506,8

*Faltan precipitaciones de diciembre 2001

APÉNDICE 20: Temperaturas (°C) registradas durante el experimento.

		enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	setiembre	octubre	noviembre	diciembre
2002	T° minima	17,7	16,6	18,9	12,2	12,0	5,3	6,8	8,5	9,0	14,3	15,2	16,0
	T° media	24,0	22,3	23,0	16,8	16,5	10,8	11,0	13,9	14,7	19,4	21,0	21,8
	T° maxima	30,6	28,9	28,5	22,0	22,0	16,8	16,2	20,0	20,6	25,0	27,0	27,7
2003	T° minima	18,0	17,8	16,1	11,8	10,6	8,6	5,5	6,0	8,0	11,8	13,9	14,5
	T° media	25,1	23,1	21,2	16,7	15,1	13,4	10,9	11,2	14,6	18,6	20,3	21,5
	T° maxima	32,3	29,6	27,3	22,3	20,4	18,4	16,8	16,9	21,1	25,5	27,1	27,9
2004	T° minima	18,3	17,5	18,4	15,0	8,2	8,7	7,7	8,7	9,5	10,3	13,9	16,9
	T° media	25,1	23,6	24,8	19,9	12,8	13,1	12,7	13,9	15,7	17,2	19,7	23,9
	T° maxima	32,1	30,2	31,4	26,9	18,3	17,7	17,6	19,8	22,1	24,2	25,8	31,0
2005	T° minima	18,6	18,1	15,4	11,4	11,1	12,1	8,8	9,5	8,4	11,6	14,7	15,3
	T° media	25,6	23,7	21,2	17,0	15,6	15,4	13,2	14,6	13,6	16,8	21,6	22,1
	T° maxima	32,5	29,3	27,0	22,6	20,1	18,8	17,7	19,8	18,9	22,4	28,6	28,9