

**TRIGO DOBLE PROPOSITO. IMPACTO DE LA FERTILIZACION
NITROGENADA SOBRE LA PRODUCCION Y COMPOSICION QUIMICA
DEL FORRAJE.**

**SILVINA SORAYA DENDA
MEDICO VETERINARIA**

2008

MAGISTER EN CIENCIAS AGRARIAS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

Bahía Blanca, Argentina

PREFACIO

Esta tesis es presentada como parte de los requisitos para optar al grado académico de Magister en Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otras. La misma contiene resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en la Universidad Nacional del Sur y en el Campo Experimental de Coronel Suárez, del Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires, bajo la dirección del Dr. Hugo Mario Arelovich.

Silvina Soraya Denda

Noviembre de 2008

Departamento de Agronomía

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento:

Al Dr. Hugo Mario Arelovich por su guía y apoyo en el trabajo de tesis.

Al Ing. Martín Arzadún de la Estación Experimental Coronel Suarez que con su buena predisposición compartió sus ensayos e información.

A Ricardo Camina por el asesoramiento en el análisis estadístico de los datos.

Al Departamento de Agronomía que me permitieron la realización de mi trabajo de tesis.

A la Facultad de Ciencias Veterinarias de La Pampa por solventar todos mis gastos y confiar en que podía terminar mi trabajo.

A quienes fueron los responsables de mi comienzo y finalización de tesis:

Ricardo Tosso

Guillermo H. Pechin

A Mónica Boeris, mi compañera de viaje que siempre estuvo dispuesta a recorrer kilómetros, charlas y mates.

A mi familia que aguantó mis ausencias: Raul, Marcos y Lucía.

A Claudia Chierri amiga y niñera de mi hija que me aseguraba un viaje tranquilo.

A mi familia política que siempre me apoyó.

A mi hermana Maricel un ser especial que adoro.

A todos los integrantes del laboratorio, en especial a la Lic. María Torrea.

A todos los que me ayudaron en mi formación y permitieron cerrar esta etapa de mi vida.

Muchas gracias!!!

CONTENIDOS

	Página
Contenidos	I
Tablas	IV
Figuras	VI
Resumen	VIII
Abstract	X
Capítulo 1: Introducción general	1
Capítulo 2: Revisión bibliográfica	3
2.1. Trascendencia del trigo doble propósito	3
2.2. Aspectos relativos a la producción de grano y utilización del forraje	5
2.3. Efectos de la fertilización nitrogenada sobre los componentes de producción forrajera.....	10
2.4. Efectos de la fertilización nitrogenada sobre la composición química del forraje	15
2.5. Relación entre la composición química del forraje y la productividad animal	18
2.5. Hipótesis de trabajo y objetivos	21
Capítulo 3: Materiales y métodos	22
3.1. Sitios experimentales y características edafo-climáticas.....	22
3.1.1 Relevamiento del suelo	22
3.1.2 Caracterización de variables climáticas	22
3.2. Cultivo de trigo y desarrollo experimental	22
3.2.1 Preparación del cultivo de trigo	27
3.2.2 Tratamientos y diseño experimental	23
3.3. Rendimiento de forraje y grano	24
3.4. Procesamiento de las muestras y determinaciones analíticas ..	24
3.5. Análisis estadístico	25
Capítulo 4: Resultados	27

4.1. Variables edáficas.....	27
4.2. Variables climáticas.....	27
4.3. Rendimiento de la biomasa forrajera y grano	30
4.3.1. Producción de forraje.....	30
4.3.2. Producción de grano.....	31
4.4. Composición química de forraje.	32
4.4.1. Contenido de materia seca.....	33
4.4.2. Componentes de la pared celular y digestibilidad de la materia seca	34
<u>Fibra detergente neutro</u>	34
<u>Fibra detergente ácido</u>	35
<u>Lignina</u>	37
<u>Digestibilidad de la MS</u>	38
4.4.3 Carbohidratos no estructurales solubles	39
4.4.4 Fracciones nitrogenadas	40
<u>Proteína Bruta</u>	40
<u>Proteína Soluble</u>	42
4.4.5 Relación proteína bruta -carbohidratos no estructurales solubles.	43
4.4.6 Relación proteína soluble-carbohidratos no estructurales solubles.	44
4.4.7 Composición mineral de la biomasa forrajera	46
<u>Cenizas</u>	46
<u>Macroelementos minerales</u>	47
<u>Microelementos minerales</u>	49
Capítulo 5: Discusión	51
5.1 Influencia ambiental potencial debidas a condiciones edafo-climáticas	51
5.2 Efectos de la fertilización y el ambiente sobre la producción de forraje y grano	52
5.2.1 Producción forrajera	52
5.2.2 Producción de grano	54
5.3 Efectos de la fertilización y el ambiente sobre el valor	

nutricional del verdeo	55
5.3.1 Concentración de materia seca	56
5.3.2 Fracción fibrosa y digestibilidad de la materia seca	57
<u>Componentes de la pared celular</u>	57
<u>Digestibilidad de la materia seca</u>	59
5.3.3 Fracciones nitrogenadas y carbohidratos solubles	60
<u>Proteína bruta y soluble</u>	60
<u>Carbohidratos no estructurales solubles y su</u> <u>relación con proteína</u>	63
5.3.4 Concentración de elementos minerales	65
Capítulo 6: Conclusiones e implicancias	67
Bibliografía	69
Anexo	79

TABLAS

Tabla 2.1. Estimación de la producción total de trigo en la República Argentina entre 1998 y 2007 (SAG PyA, 2008)	4
Tabla 2.2. Tasa de crecimiento de verdes de avena con distintas dosis de N..	13
Tabla 2.3. Producción de MS, PB, digestibilidad in vitro, y FDN para los factores fertilización y momento de corte.....	16
Tabla 2.4. Producción promedio de materia seca y contenido de proteína bruta en Pasto clavel	16
Tabla 2.5. Concentración promedio de la proteína bruta en pasto clavel	17
Tabla 2.6. Composición química porcentual de diferentes verdes invernales sobre base seca	19
Tabla 3.1. Fechas de corte y muestreo por año y localidad.....	23
Tabla 4.1. Determinaciones en suelo de fósforo extractable, materia orgánica y nitratos para Cabildo y Pasman durante los años 2000 y 2001.....	27
Tabla 4.2. Registro de temperatura, precipitación y heladas en la localidad de Pasman, durante los años 2000 y 2001, comparadas con el promedio histórico.....	28
Tabla 4.3 Registro de temperatura, precipitación y heladas de la localidad de Cabildo, durante los años 2000 y 2001, comparadas con el promedio histórico.	29
Tabla 4.4. Contenido medio de materia seca, fibra detergente neutro, fibra detergente ácida, lignina, carbohidratos no estructurales solubles, proteína bruta, proteína soluble y cenizas en TDP para cada corte y diferentes dosis de fertilización nitrogenada.....	32
Tabla 7.1. Niveles de probabilidad de F, para producción de biomasa forrajera y producción de grano en forraje de trigo sembrado en las localidades de Pasman y Cabildo en los años 2000 y 2001.....	79
Tabla 7.2. Niveles de probabilidad de F, para concentración de materia seca, proteína bruta, proteína soluble y carbohidratos no estructurales soluble en forraje de trigo sembrado en las localidades de Pasman y Cabildo en los años 2000 y 2001.....	80

Tabla 7.3. Niveles de probabilidad de F, para relación proteína bruta– carbohidratos no estructurales solubles, proteína soluble– carbohidratos no estructurales solubles, fibra detergente neutro, fibra detergente ácida y lignina en forraje de trigo sembrado en las localidades de Pasma y Cabildo en los años 2000 y 2001.....	81
Tabla 7.4. Niveles de probabilidad de F, para digestibilidad de la MS y cenizas, en forraje de trigo sembrado en las localidades de Pasma y Cabildo en los años 2000 y 2001.....	82
Tabla 7.5. Niveles de probabilidad de F, para Ca, P, Mg y K en forraje de trigo sembrado en las localidades de Pasma y Cabildo en los años 2000 y 2001.....	83
Tabla 7.6. Niveles de probabilidad de F, para Fe, Zn y Mn en forraje de trigo sembrado en las localidades de Pasma y Cabildo en los años 2000 y 2001.....	84

FIGURAS

Figura 2.1. Producción de grano vs. producción de carne	6
Figura 2.2. Rendimiento de grano de acuerdo al momento de fin de pastoreo	8
Figura 2.3. Tasa de crecimiento en verdeo de avena	9
Figura 2.4. Forraje acumulado de raigrás para 0 y 100 Kg de fertilización con nitrógeno.....	14
Figura 4.1. Producción de forraje en TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada por localidad y año.....	30
Figura 4.2. Producción de grano en TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada por localidad.....	31
Figura 4.3. Contenido de MS en TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada por localidad.....	33
Figura 4.4. Contenido de MS en TDP por corte para cada localidad y año.....	34
Figura 4.5. Contenido de FDN en TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada.....	34
Figura 4.6. Valores de FDN en TDP por localidad y corte.....	35
Figura 4.7. Contenido de FDA en TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada, por localidad y corte.....	36
Figura 4.8. Contenido de FDA en TDP por corte para cada localidad y año....	36
Figura 4.9. Contenido de lignina para TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada por localidad y año.....	37
Figura 4.10. Contenido de lignina en TDP por localidad y año.....	38
Figura 4.11. Digestibilidad de la MS en TDP por corte para cada localidad y año.....	38
Figura 4.12. Contenido de CNES en TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada por localidad y año.....	39
Figura 4.13. Contenido de CNES en TDP por corte para cada localidad y año.....	40
Figura 4.14. Contenido de PB en TDP con diferentes niveles de fertilización	

nitrogenada por año.....	41
Figura 4.15. Contenido de PB en TDP por corte.....	41
Figura 4.16. Contenido de PS en TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada por corte.....	42
Figura 4.17. Valores de PS en TDP por año y localidad.....	43
Figura 4.18. Relación PB-CNES en TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada.....	43
Figura 4.19. Relación PB-CNES en TDP por corte para cada año y localidad.....	44
Figura 4.20. Relación PS-CNES en TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada.....	45
Figura 4.21. Relación PS-CNES en TDP por corte para cada año y localidad.....	45
Figura 4.22. Contenido de Cenizas para TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada por localidad.....	46
Figura 4.23. Contenido de cenizas para TDP por corte para cada localidad y año.....	47
Figura 4.24. Contenido promedio de K para TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada.	47
Figura 4.25. Contenido promedio de Ca (a), P (b), Mg (c) y K (d) para TDP por corte para cada localidad.....	48
Figura 4.26. Contenido de Zn (a) y Mn (b) para TDP con diferentes niveles de fertilización nitrogenada.....	49
Figura 4.27. Contenido promedio de Fe (a), Zn (b) y Mn (c) para TDP por corte para cada localidad y año.....	50

RESUMEN

En el centro-este del país, el cultivo de trigo y la ganadería forman una parte importante del ingreso de las explotaciones agropecuarias. La producción ganadera se basa en el uso de recursos forrajeros perennes y cultivos forrajeros anuales de uso invernal. Los verdes invernales son integrantes indispensables de la cadena forrajera de la invernada o el tambo en esta región. Teniendo en cuenta la magnitud de la superficie destinada a trigo, es importante considerar que, además de la producción de grano para cosecha, el forraje verde producido puede ser de utilidad simultáneamente para la producción bovina. La denominación “trigo doble propósito” (TDP) hace referencia a la utilización de este cultivo para un doble objetivo: la alimentación de animales a pastoreo durante el estadio de crecimiento vegetativo y la producción de grano. Así, el TDP es una alternativa forrajera en los sistemas mixtos agrícola-ganaderos. La importancia radica en que en este período invernal existe una disminución en la oferta de forraje y, por otro lado, se incrementa la competencia por el uso del suelo con cultivos exclusivamente para grano. De esta manera, el uso de TDP puede generar una mayor eficiencia en la utilización de los recursos disponibles. En nuestro país es muy acotada la información referente al impacto producido por la fertilización nitrogenada sobre la composición nutricional de los verdes de invierno, en especial los TDP. Para investigar este aspecto, en los años 2000 y 2001 se sembró TDP cultivar “Prointa Super” en dos sitios experimentales localizados en la provincia de Buenos Aires, pertenecientes a la Estación Experimental Coronel Suárez del Ministerio de Asuntos Agrarios y de la Producción: Pasman (38° 21'LS y 62° 08'LO) y Cabildo (38° 25' LS y 61° 42' LO). Los suelos son Hapludol típico con diferencias de textura y variación en el contenido de materia orgánica (Pasman: 4,4 %; Cabildo: 2,1%). A las parcelas se les aplicó distintas dosis de nitrógeno en forma de urea (0, 40, 80, 120, 160 kg/ha), con un diseño experimental de bloques al azar (n = 4). Se realizaron dos cortes por año, coincidentes con distintos momentos del ciclo de crecimiento del cultivo, el primer corte se realizó cuando el volumen de materia verde fue suficiente para un pastoreo. En el caso del segundo corte, correspondió antes de la emergencia del primer entrenudo (evento que marca el inicio del estado reproductivo de la planta). En cada corte se valuó la producción de forraje, tomándose muestras en cada corte para la determinación de materia seca (MS), proteína bruta (PB), proteína soluble (PS), carbohidratos no estructurales solubles (CNES), fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA), lignina (L) y minerales. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza con un diseño factorial de 5 x 2 x 2. Con algunas variaciones entre localidades y años, la fertilización nitrogenada incrementó linealmente la producción de forraje y grano. Con respecto a la composición nutricional del TDP, la fertilización disminuyó linealmente la concentración de MS (P<0,01), como así también hubo una ligera disminución de la concentración de FDN (P<0,05), pero no tuvo un efecto marcado sobre el porcentaje de FDA ni de lignina. No hubo efecto sobre la digestibilidad de MS (DMS). La fertilización nitrogenada disminuyó el contenido de CNES sólo en el año

2000. Hubo un efecto lineal ascendente muy marcado sobre la concentración de PB y PS ($P < 0,01$) con el incremento de la dosis de urea. La fertilización nitrogenada incrementó la relación PB/CNES y PS/CNES ($P < 0,01$). Sin embargo, el primer corte (C1) fue mayor al segundo corte (C2) en el año 2001 ($P < 0,01$). Con respecto a los macrominerales el efecto más significativo de la fertilización nitrogenada fue sobre el contenido de K, el que aumentó linealmente con la dosis de urea ($P < 0,05$). A modo de conclusión, la fertilización nitrogenada tuvo un efecto importante sobre la producción de forraje y grano en TDP. Aunque no afectó la DMS, la disminución de la concentración de MS y el incremento en la PB y la PS podrían impactar negativamente sobre la productividad animal. Este aspecto amerita posteriores investigaciones.

Palabras claves: trigo doble propósito, fertilización nitrogenada, producción de forraje, producción de grano, composición nutricional, productividad animal.

ABSTRACT

Wheat cultivation and livestock raising are important sources of income in the middle east of the country. Livestock production depends on perennial forage and yearly winter forage crops. Winter Annual is an essential part of the forage chain for cattle or milk production in the region. The wheat can be used simultaneously for both the production of grain and cattle. The so-called "dual purpose wheat" (DPW) refers to using this crop for a dual purpose: cattle grazing during the vegetative growth stage and crop yield. Thus, DPW is a forage option in livestock raising mixed systems and a greater efficiency in land use. There is little information concerning the impact of nitrogen (N) fertilization on nutritional composition of soilage, especially that on DPW. During 2000 and 2001 "Super Printa" DPW was sown in two pilot locations in Buenos Aires province that belong to Coronel Suarez Research Station (Ministry for Rural Affairs and Production): Pasma (38° 21'SL and 62 ° 08'WL) and Cabildo (38 ° 25 'SL and 61 ° 42' WL). The soils are typical Hapludol with texture differences and variation in the content of organic matter (Pasma: 4.4%; Cabildo: 2.1%). Different doses of nitrogen in the form of urea (0, 40, 80, 120, 160 kg / ha) were applied using a randomized block design (n = 4). Two cuts a year were made, coinciding with different times of the cycle of crop growth. The forage production was assessed in each cut through samples in order to fix dry matter (DM), crude protein (CP), soluble protein (SP), non-structural soluble carbohydrates (NSSC), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin (L) and minerals. Data were subjected to variance analysis with factorial design, 5 x 2 x 2. With some variations between localities and years, N fertilization increased linearly fodder production and grain. As regards DPW nutritional composition, there was a linear reduction in fertilization in DM concentration (P<0.01), and a slight one in NDF (P<0.05). No pronounced effect on ADF or L percentages were seen. There was no effect on the digestibility of DM (DMD). N fertilization reduced NSSC content only during 2000. There was an evident upward linear effect in CP and SP concentrations (P <0.01) while increasing urea doses. N fertilization increased to CP or SP / NSSC relation. However, the first cut (C1) was greater than the second one (C2) in 2001 (P<0.01). With respect to

macrominerals the greatest N fertilization effect was in the K content due to an increase in urea doses ($P < 0.05$). As a conclusion, N fertilization had a significant impact on forage production and grain in DPW. Though the digestibility of DM was not affected, the decrease in DM concentration and the increase in CP and SP could negatively impact on animal yield. Further research is suggested.

Key words: dual-purpose wheat, nitrogen fertilization, forage production, grain production, nutritional composition, animal yield.

INTRODUCCIÓN GENERAL

La producción ganadera basada en la utilización exclusiva de pasturas perennes se encuentra limitada por la baja disponibilidad de las mismas desde fines del otoño hasta principios de la primavera. Resulta difícil encontrar un sistema de producción viable física y económicamente, cuya demanda coincida con esta oferta de forraje marcadamente estacional. Ante esta situación, la inclusión de verdeos invernales en la cadena forrajera constituye una estrategia de manejo que permite corregir el déficit forrajero invernal (Rosso y Verde, 1992).

Sin embargo, en los sistemas mixtos la competencia que se genera entre agricultura y ganadería hace que el productor limite al máximo la superficie destinada a los verdeos. En el centro-este del país, región integrada por las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Entre Ríos, Córdoba y La Pampa, el cultivo de trigo constituye la actividad agrícola de mayor importancia en amplias zonas. Por lo tanto, en los últimos años se observa una expansión de dicho cultivo, acompañada de una retracción de la actividad ganadera.

El incremento de la agricultura está acompañado por un aumento de la inestabilidad productiva y económica de las explotaciones, relacionada a las variaciones climáticas comunes de cada región. La práctica de cultivos de doble propósito es una alternativa viable en los sistemas mixtos agrícola-ganaderos por proporcionar forraje durante el periodo invernal, reduciendo la competencia por el uso del suelo con los cultivos exclusivamente para grano, y brindando mayor estabilidad de producción.

Teniendo en cuenta la magnitud de la superficie destinada al cultivo de trigo, es importante considerar que, además de la producción de grano para cosecha, el forraje verde producido puede ser de utilidad simultáneamente para la producción bovina. Esta doble producción de grano y forraje sobre la misma superficie, sobre todo con granos de alto valor, resulta de gran interés económico. Parte de este interés radica en la

diversificación, dado que se cuenta con dos productos de cotizaciones independientes (Arroquy, 2000).

Sin embargo, un inconveniente de los cultivos anuales es la degradación del suelo viéndose afectadas las propiedades físicas, químicas y biológicas de los mismos. El nitrógeno (N) es el nutriente que presenta deficiencias más generalizadas en toda la región. La fertilización es una práctica usada para obtener mayores rendimientos por unidad de superficie. En cultivos de cosecha incrementa el rendimiento y el porcentaje de grano, con una mayor eficiencia en el uso del agua (Fagioli y Bono, 1982; Loewy, 1995). Son numerosos los trabajos que evalúan el impacto de la fertilización nitrogenada sobre la producción agrícola del cultivo, pero muy pocos los que indagan acerca de sus efectos sobre la composición nutricional del forraje producido y las consecuencias sobre la respuesta animal.

En consecuencia, el interés de este trabajo radica en determinar el efecto de niveles crecientes de fertilización nitrogenada sobre la producción de biomasa vegetal, y el valor nutricional del forraje de un cultivar de trigo doble propósito (TDP) en distintos momentos de su ciclo de crecimiento y además estimar si la magnitud de los cambios hallados en la composición del forraje podrían afectar la productividad animal.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Trascendencia del trigo doble propósito.

El TDP tiene una amplia difusión en varios países del mundo, como Australia, Nueva Zelanda, España, Estados Unidos, donde particularmente en los Estados de Oklahoma, Kansas, Texas, Nuevo Mexico, Colorado, Winsconsin, Indiana, Montana y Oregon hacen referencia a la importancia de los resultados económicos de su utilización (Delgado, 1989; Díaz-Rosello et al., 1993; Davidson, 1995; Krenzer, 1995; Redmon et al., 1995). En Uruguay, un 30-40% de la superficie sembrada anualmente es ocupada por TDP con variedades de ciclo largo, las cuales son pastoreadas una o dos veces durante el ciclo vegetativo según las condiciones climáticas y la fecha de siembra (Travella et al., 1995).

En algunas regiones de nuestro país, el TDP tuvo gran difusión durante la década de 1960, donde el 28% de la superficie de trigo en la Provincia de La Pampa se destinaba al pastoreo de ovinos (Coscia, 1967; Hernández, 1969). Posteriormente, la introducción de nuevos cultivares y la disminución de la ganadería ovina provocaron que los productores abandonaran su cultivo y en la actualidad esta práctica no es utilizada en forma masiva.

Según datos obtenidos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la Nación Argentina (SAGPyA), la producción del cultivo de trigo en el país ha ido en aumento a partir de la campaña 1998/05 (Tabla 2.1). Si consideramos la apertura de los mercados a la exportación y los valores actuales en dólares, la superficie destinada a siembra puede incrementarse aun más, afectando directamente la superficie ganadera.

Tabla 2.1. Área sembrada y cosechada, producción y rendimiento total de trigo en la República Argentina entre 1998 y 2007 (SAG PyA, 2008).

Campaña	Área Sembrada (has)	Área Cosechada (has)	Producción (tn)	Rendimiento (kg/ha)
1998/99	5.453.250	5.399.080	12.443.000	2304,65
1999/00	6.300.000	6.153.440	15.302.560	2486,83
2000/01	6.496.600	6.408.045	15.959.352	2490,52
2001/02	7.108.900	6.840.720	15.291.660	2235,39
2002/03	6.300.210	6.050.210	12.301.000	2033,00
2003/04	6.035.857	5.718.012	14.534.000	2540,00
2004/05	6.240.000	6.040.000	16.000.000	2650,00
2005/06	5.212.450	4.966.499	12.575.176	2532,00
2006/07	5.300.000	5.176.470	13.200.000	2550,00

El aprovechamiento del cultivo como TDP puede influir positivamente, tanto en la rentabilidad como en la preservación del recurso suelo. Sin embargo, resulta crítico mantener un equilibrio en la utilización del TDP como verdeo invernal y la intensidad y duración del pastoreo, dado que estos aspectos pueden afectar la producción de grano. En este sentido, si el meristema apical de crecimiento es dañado se afectará el rendimiento de grano (Dunphy et al., 1982, Croy, 1984; Redmon et al., 1995). Además, tanto el cultivar de trigo utilizado como la fecha de siembra inciden sobre el potencial de uso como TDP (Redmon et al., 1995).

En general, los verdeos invernales constituyen un recurso alimenticio de máxima importancia regional. Estos producen un forraje considerado de alto valor nutritivo, que normalmente se destina a recría y/o engorde de bovinos. Sin embargo, también pueden constituir una opción como pastoreo complementario para animales de requerimientos de menor magnitud, tales como vacas de cría que consumen forrajes de baja calidad (Arelovich y Laborde, 2002).

La información existente presenta resultados variables sobre los efectos de manejo en la producción de cereales de invierno doble propósito, ya que la fisiología del trigo, el manejo del pastoreo y la compensación de los componentes del rendimiento de grano confunden el desarrollo de interpretaciones del efecto de la defoliación sobre el rendimiento de grano.

2.2. Aspectos relativos a la producción de grano y utilización del forraje.

El rendimiento de los TDP, tanto en lo que respecta a la producción de forraje como a la de grano, está limitado por las condiciones ambientales, fundamentalmente precipitación pluvial, temperatura y disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Varios autores (Díaz-Rosello et al., 1993; Dalrymple, 1995) han informado que la producción de forraje en cultivos anuales se incrementa a medida que disminuye la intensidad de defoliación y se prolonga el período de descanso entre cortes. Sin embargo, Arzadún et al. (1997) en un ensayo de avena que combinó 3 intensidades de corte de altura (alta, baja y media) con 3 frecuencias de corte (alta, baja y media), concluyeron que la combinación de manejo que produjo más volumen de forraje fue la de alta intensidad de corte con períodos de descanso entre cortes de frecuencia media.

El manejo de la defoliación interactúa con factores ambientales y genotipos, controlando la supervivencia de macollos y el desarrollo de nueva área foliar posterior al corte. La recuperación del cultivo es dependiente en gran medida del estado hídrico del suelo, el nivel de nitrógeno y el genotipo. En cultivos doble propósito, al remover parte de la biomasa aérea se retira una importante cantidad de nitrógeno (Dunphy et al., 1984). Morris y Gardner (1958) trabajaron con avena, trigo y centeno e informaron que el nivel de extracción de N contenido en el forraje removido, con diferentes niveles de fertilización variaba entre 2,5 y 4,54%. Esta remoción de biomasa representaba entre 25 y 45 kg de N consumido del suelo por cada tonelada de MS extraída (Krenzer, 1995).

La magnitud del efecto del pastoreo de TDP de otoño a primavera sobre la producción de grano dependerá de la disponibilidad de humedad en el suelo al momento de la siembra y, durante el crecimiento, de la fertilidad del suelo y del número y la

intensidad de las defoliaciones (Redmon et al., 1995). Regionalmente, la fecha de siembra parece tener más influencia que la intensidad de defoliación sobre la producción de grano. Arroquy (2000) encontró que por cada día de atraso de la siembra a partir de marzo, la producción de forraje se redujo, en promedio 19,15 kg de MS/día.

Una preocupación de los productores agropecuarios es la disminución del rendimiento de trigo si éste se utiliza para pastoreo. Cierta información existente sobre el rendimiento de grano asociado a la defoliación; revela en general reducciones en la producción de grano para cosecha, cuya magnitud depende de los cultivares de trigos evaluados (Redmon et al., 1995). En otros cereales de invierno (avena, cebada y triticale) sometidos a simulaciones de pastoreo también se encontraron reducciones del rendimiento de grano, con respecto a los no defoliados (Delgado, 1989; García del Moral et al., 1995).

Por otra parte, tanto Hernández (1969) como Horn et al. (1994) evaluaron la producción de carne y el rendimiento de grano en TDP y encontraron una relación lineal inversa entre ambas variables (Figura 2.1).

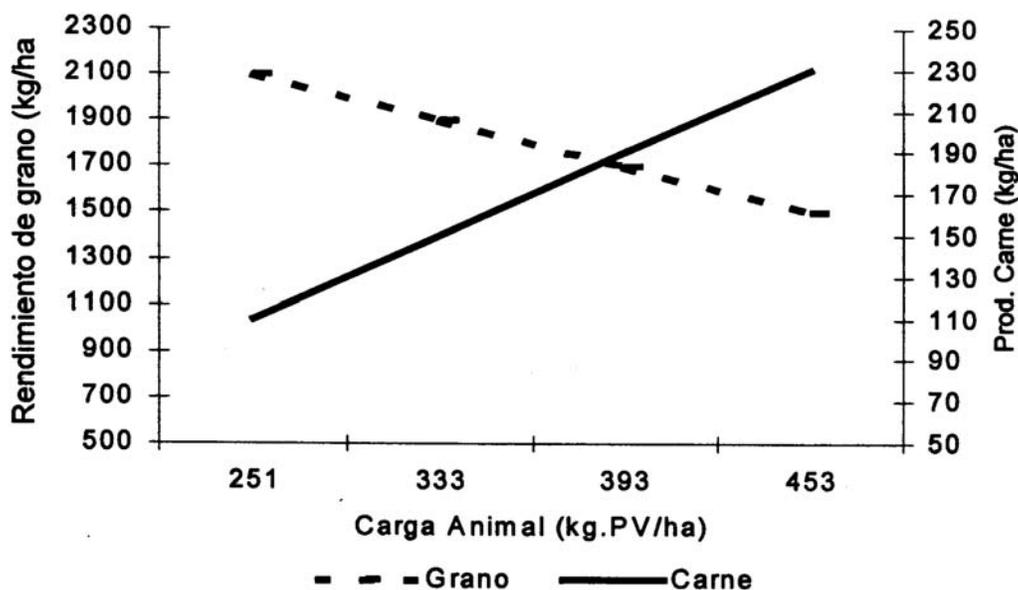


Figura 2.1. Producción de grano vs. producción de carne (adaptado de Horn et al., 1994).

Sin embargo, bajo determinadas circunstancias de manejo, la defoliación no afectó el rendimiento de grano de trigo. Lerner et al. (1998) concluyeron que cuando el corte se realizó luego del estadio de espiguilla terminal el rendimiento de grano se redujo más del 50% con respecto al testigo sin defoliar, pero cortes previos a este momento no afectaron el rendimiento de grano. Dunphy et al. (1982) indican que la defoliación produce una reducción severa del área foliar y en consecuencia de los fotosintatos disponibles, en momentos en que los requerimientos de energía para crecimiento y reproducción son elevados. Así, una reducción en la disponibilidad de fotosintatos causó una disminución en el rendimiento de grano. Por lo tanto, los autores sugieren que las defoliaciones tardías reducen la capacidad del cultivo para recuperar el área fotosintéticamente activa durante la floración.

La diferenciación del ápice de crecimiento cuando pasa del estado vegetativo al reproductivo concuerda con la elongación del primer entrenudo. Al elongarse el extremo del ápice se eleva por encima del suelo y se ubica al alcance del animal, que puede dañarlo durante el pastoreo. Es de fundamental importancia que el pastoreo cese antes de la ocurrencia de este evento. La evidencia experimental indica que el rendimiento de grano no es afectado si se remueve el ganado como mínimo una semana antes de la elongación del primer entrenudo, o la aparición del “primer tallo hueco” (Krenzer et al., 1997).

La disminución del rendimiento por efecto de la defoliación fue inicialmente atribuida a la remoción de ápices meristemáticos cuando el pastoreo se extendió durante el periodo de encañazón. El daño mecánico que provoca el pastoreo o corte por la remoción de ápices reproductivos no sólo afecta el número de espigas, sino también el rendimiento individual de cada espiga. Esto es atribuido a que los macollos principales son los de mayor rendimiento individual y, al ser decapitados, la producción de grano deberá basarse exclusivamente en los macollos secundarios, que tendrán un periodo relativamente corto para poder alcanzar un desarrollo adecuado para la formación de espigas (Morris y Gardner, 1958).

Redmon et al. (1996) sostienen que el pastoreo o el corte debe finalizar cuando se detecta el primer entrenudo hueco y que un retraso de este momento provoca reducciones significativas en el rendimiento de grano (Figura 2.2).

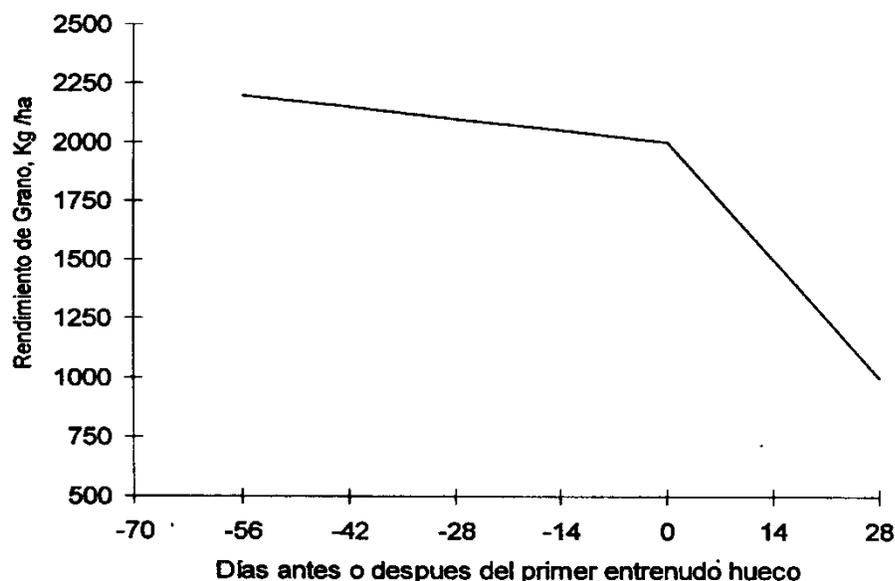


Figura 2.2. Rendimiento de grano de acuerdo al momento de fin de pastoreo (adaptado de Redmon et al., 1996).

En cuanto a su composición química, el trigo presenta cierta similitud con otros verdes de invierno: posee alto valor nutritivo, fundamentalmente por su alta digestibilidad, alta palatabilidad durante el invierno, con un elevado contenido de proteína bruta, y bajo contenido de fibra (Romero et al., 1993), teniendo así características de manejo similares para producción de forraje.

Además del manejo, Quiroga et al. (1996, 1998); y Duarte (1999) sostienen que la productividad de los verdes depende de las características de la especie y cultivar, de la humedad y fertilidad del suelo, y de las temperaturas del ambiente y del suelo, como así también de la fecha de siembra.

Otro factor de impacto sobre la productividad de TDP es la fecha de siembra. La siembra de verdes de invierno generalmente se realiza entre fin de verano a fin de otoño,

dependiendo de las características agroecológicas del area. En la región pampeana una alta proporción de la producción total de forraje de los verdeos de invierno está concentrada en el mes de abril, indicando que un retraso en la siembra reduciría significativamente la producción total del verdeo. Varios trabajos coinciden con dicha afirmación (Josifovich et al., 1969; Delgado, 1989; Amigone et al., 1995; García del Moral et al., 1995; Krenzer, 1995).

Arzadún (1988) evaluó la tasa de crecimiento de un verdeo de avena sembrado en diferentes fechas: temprana (5/03) y tardía (3/04). Las tasas de crecimiento en la siembra temprana fueron 67% y 58% mayores en los meses de abril y mayo, respectivamente, comparadas con la siembra tardía. Durante junio y julio no hubo diferencias, mientras que en los meses de agosto y septiembre la siembra tardía superó la tasa de crecimiento en sólo un 10% y 23% al cultivo sembrado en marzo (Figura 2.3).

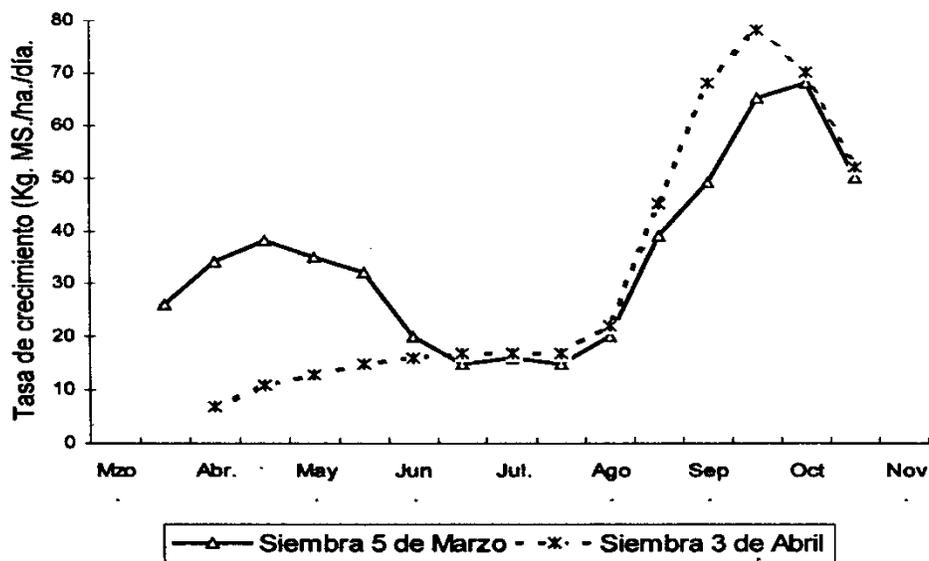


Figura 2.3. Tasa de crecimiento en verdeo de avena (adaptado de Arzadún, 1988).

Los resultados variables en la reducción del rendimiento del forraje por siembras tardías son atribuidos principalmente a la variación en las condiciones climáticas durante el periodo de crecimiento del verdeo (Arzadún, 1988).

Existe una relación negativa entre el adelanto de la fecha de siembra y el rendimiento de grano, inversamente a lo que ocurre con la producción de forraje (Delgado, 1989; Krenzer, 1995). Pero, en el caso del uso de cultivares de ciclo largo sembrados temprano, es aconsejable uno o más pastoreos durante su ciclo vegetativo, debido a que el crecimiento excesivo otoño-invernal puede ser perjudicial para la producción posterior de grano (Travella et al., 1995). Según Matthew et al. (1991), la acumulación de un volumen elevado de biomasa provoca un exceso de tejidos de baja actividad fotosintética. Cabe esperar que la defoliación provoque efectos positivos cuando se comparan cultivos sembrados en fechas muy tempranas, ya que en condiciones sin limitantes hídricas y nutricionales un cultivo de trigo define su potencial de rendimiento en base a la capacidad fotosintética que logra para la formación de órganos reproductivos (Dunphy et al., 1984).

Los genotipos con aptitud para doble propósito deben tener características destacadas para la producción de forraje, con rendimientos aceptables de grano luego del pastoreo. Si bien desde la década 1960-69 se produjeron cambios importantes en los programas de mejoramiento de trigo, Sears (1995) presentó ciertas características que harían aptas a las distintas variedades de este cultivo para doble propósito:

- Elevados niveles de producción de forraje.
- Resistencia a enfermedades.
- Respuesta al fotoperiodo y vernalización.
- Alto potencial de rendimiento cuando son sometidas a la defoliación.
- Alta tasa de crecimiento luego de la defoliación.

2.3. Efectos de la fertilización nitrogenada sobre los componentes de producción forrajera.

Los suelos de varias zonas agrícolas del país tienen bajos niveles de materia orgánica (MO) y son fácilmente vulnerables ante los dos tipos de erosión: hídrica y eólica. La lluvia es la única fuente de humedad y el desfase entre precipitaciones y necesidades hídricas suele ser considerable. El avance de la agricultura y el uso inapropiado del recurso suelo acentúan estas limitaciones, traducidas en bajos niveles de producción. Por efecto de la degradación se ven afectadas las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. El N es el nutriente que presenta deficiencias más generalizadas en toda la región (Bono et al., 1997).

Las deficiencias de N pueden ser corregidas de dos formas: rápida, mediante fertilización; o lenta (progresiva), por el uso de pasturas a base de leguminosas. En el cultivo de trigo los requerimientos más altos de agua y nutrientes se producen en encañazón y espigazón, siendo estos los momentos más críticos, que ocurren en septiembre y octubre (Fagioli, 1972, 1976, 1977; Fagioli y Bono, 1984a, 1984c).

La fertilización es una práctica usada para obtener mayores rendimientos por unidad de superficie. En cultivos de cosecha incrementa el rendimiento y el porcentaje de proteína en grano, con una mayor eficiencia en el uso del agua (Fagioli y Bono, 1982; Fagioli et al., 1982; Fagioli, 1987; Loewy, 1995).

Existe mayor información sobre los efectos de la fertilización con N en trigo que sobre otros cultivos. Esto ocurre como consecuencia de que el cultivo de trigo es uno de los principales cereales para cosecha debido a su importancia a nivel mundial en la alimentación humana (Darwich, 1989; Loewy, 1990; Berardo, 1994; Das et al., 1994; Loewy, 1995; Adb y Hakem, 1996; Loewy y Ron, 1996; Melgar et al., 1996; Tonev, 1996).

Se presenta una correlación positiva entre aporte de N al suelo y la producción de grano. Adicionalmente, se ha encontrado una interacción entre la producción de grano, el contenido de proteína y la calidad del grano en trigos fertilizados con N. López Bellido et al. (1998) obtuvieron, con dosis de 50-100-150 kg de N/ha un aumento proporcional en producción de grano y en el contenido de N en los mismos. Según Abou Salama et al. (1995), a mayor cantidad de N utilizado y a mayor frecuencia de aplicación del fertilizante, el contenido de proteína en el grano aumenta. Justes et al. (1994) concluyeron

que a medida que disminuye la cantidad de N utilizado disminuye el contenido de proteína en el grano.

La fertilización nitrogenada puede constituirse en una herramienta, no sólo para incrementar la producción y calidad del grano, sino también para inducir mayor producción de MS disponible para pastoreo en TDP. El uso de fertilizantes como el N puede generar cambios en la cantidad y composición química de la biomasa producida.

La fertilización nitrogenada incrementa la producción total de MS en diferentes forrajes. En este sentido, la efectividad de la fertilización parece variar con distintos factores ambientales. Así, la temperatura ambiente y el estrés hídrico influyen directamente en la tasa de mineralización del N en el suelo. Maddonni et al. (1995) compararon cultivos de trigo sembrados a campo, en laboratorio y en invernáculo, y encontraron que el nivel de mineralización del N varió al controlar el medio ambiente. Estos autores observaron que la correlación entre el N lábil del suelo y el contenido de materia orgánica resultó a campo menor que en invernáculo, y aquí aún menor que en el laboratorio.

Otro factor ambiental crítico es la disponibilidad de nitratos en el suelo durante el invierno, la cual es generalmente baja debido a la menor mineralización de N proveniente de la materia orgánica. Por lo tanto, el agregado de N a través del fertilizante produce aumentos significativos en la producción, a la vez que permite adelantar el primer aprovechamiento para consumo animal. El contenido de nitratos y la disponibilidad de agua en el suelo en el momento de la siembra son probablemente los dos factores que más inciden en el rendimiento de MS de verdeos como TDP. Contrariamente, precipitaciones elevadas distribuidas en el período de crecimiento de la planta, parecen influir negativamente sobre la absorción y eficiencia de utilización del N.

Según Mazzanti et al. (1997), la disponibilidad de N en el suelo es uno de los factores más limitantes para la producción de forraje en verdeos invernales, con variaciones estacionales de la concentración de N en el suelo, que es máxima a mediados de primavera y verano y mínima en invierno y principios de primavera. Así, también sostienen que la respuesta en producción de MS por kg de N aplicado, es máxima a dosis bajas disminuyendo a medida en que se incrementan las dosis de N aplicado (Tabla 2.2).

Tabla 2.2. Tasa de crecimiento de verdeos de avena con distintas dosis de N (Mazzanti et al., 1997).

Dosis de Nitrógeno kg /ha	Verdeo de avena (kg MS/ha/día)	
	Tandil, 1994	Balcarce, 1995
0	55	29
50	129	69
100	154	73
150	206	107
200	224	105
250	235	118

Romero et al. (2001) hallaron que la producción de forraje en pasturas de cebadilla criolla aumenta con el incremento de las dosis de fertilizante nitrogenado. En general, la mayor eficiencia de utilización del N se logró con dosis de hasta 50 kg N/ha. Por encima de estos niveles de N, la tasa de producción fue menor y dependió de las características del suelo, dado que los ensayos tuvieron diferentes cultivos antecesores. En un experimento que tuvo como antecesor una pastura de cuatro años de alfalfa consociada con cebadilla, la producción de MS se incrementó con dosis de hasta 100 kg N/ha. En un segundo experimento, con una cubierta de gramíneas puras, la producción de biomasa tuvo una respuesta positiva con dosis de hasta 200 kg N/ha.

Además de incrementar la biomasa, la aplicación de fertilizante nitrogenado al finalizar el invierno adelanta significativamente el pico de producción primaveral de forraje, principalmente en gramíneas templadas (Mazzanti, 1994; Marino et al., 1995). Estos autores trabajaron con avena y raigrás anual, utilizando distintas dosis de fertilización nitrogenada (en forma de urea) y analizaron la producción de forraje en dos dimensiones. La primera de ellas se relaciona con la diferencia de forraje acumulado al finalizar el período de rebrote en pasturas con y sin el agregado de N, y la segunda dimensión se relaciona con la anticipación con que las pasturas fertilizadas alcanzan el máximo forraje acumulado comparadas con las pasturas no fertilizadas. La figura 2.4 muestra el forraje acumulado de raigrás para 0 y 100 kg de fertilización con N. La flecha

vertical muestra la ventaja que se logra en la producción de forraje al finalizar el periodo de acumulación cuando se comparan los tratamientos 0 y 100 kg de N/ha (3.865 kg MS/ha). La flecha horizontal, trazada entre la máxima acumulación de forraje del tratamiento sin N y la intersección con el tratamiento fertilizado, cuantifica la precocidad con que los tratamientos fertilizados alcanzan la máxima acumulación de los no fertilizados. En este caso se logra adelantar aproximadamente en un mes la máxima producción de forraje del raigrás fertilizado con respecto al no fertilizado.

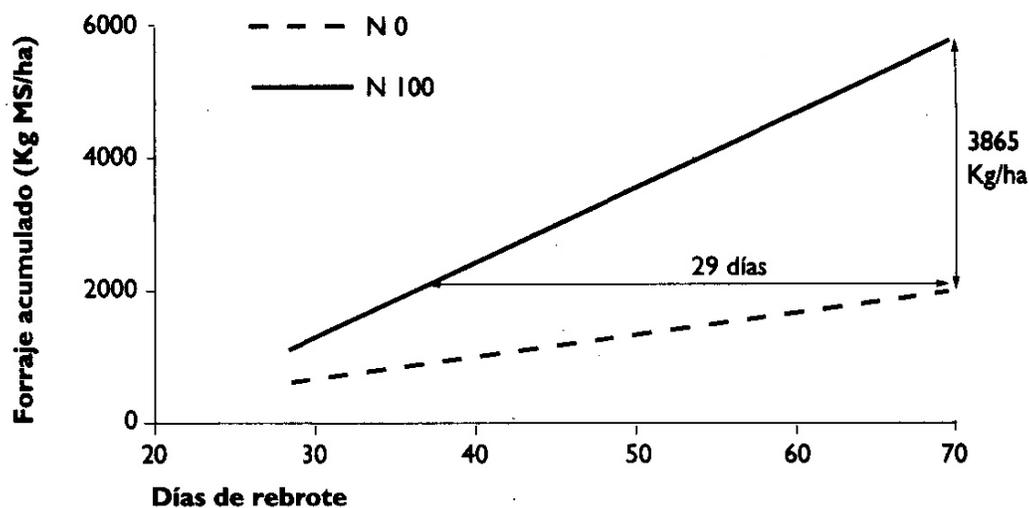


Figura 2.4. Forraje acumulado de raigrás para 0 y 100 kg de fertilización con nitrógeno (adaptado de Mazzanti et al., 1997).

Diaz-Zorita et al. (1995) concuerdan con lo expuesto anteriormente: la fertilización nitrogenada tiende a aumentar la producción temprana de forraje. Según Lobit et al. (2001) esto se debería al incremento en el número de hojas, lo que aumenta el aprovechamiento de N.

La aplicación de N incide sobre el desarrollo del área foliar de la planta aumentando la cantidad de radiación interceptada. Esto promueve la utilización de los carbohidratos para la síntesis de proteínas y tejido vegetal (Tisdale et al., 1993) y afecta la expansión foliar mediante el incremento de la división celular (Gastal y Nelson, 1994).

La fertilización nitrogenada aumenta la longitud de las hojas y vainas, la densidad y el peso de los macollos y el ancho de las láminas en gramíneas anuales (Mazzanti et al., 1997). Gonzalez y Colabelli (2001) estudiaron el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el establecimiento de gramíneas forrajeras, y observaron que el N aplicado promovió también el crecimiento individual de los macollos y el desarrollo de vegetación adventicia.

2.4. Efectos de la fertilización nitrogenada sobre la composición química del forraje.

Al aumentar la producción total de MS se modifica la relación hoja/tallo del cultivo. Esto mejoraría el valor nutritivo del forraje, dado que las hojas son los componentes de mayor contenido de nutrientes y mayor digestibilidad (Gastal y Lemaire, 1988; Marino et al., 1996). Por otra parte, la fertilización con N puede modificar la composición química de la planta, en especial en cuanto a su contenido de proteína total y carbohidratos. Incluso, pueden afectarse las proporciones relativas de los mismos, su solubilidad y degradabilidad ruminal.

Frasinelli et al. (2001) estudiaron el efecto de la fertilización de una pastura con N sobre la dinámica de la digestión ruminal medida a través de la técnica *in situ* de animales en pastoreo. Para ello, utilizaron una pastura de *Digitaria eriantha* con dos tratamientos: sin fertilización y fertilizada con 200 kg urea/ha. Estos investigadores concluyeron que la fertilización nitrogenada aumentó significativamente la degradación ruminal de la proteína.

Candotti y Berti (2001) evaluaron el efecto de la fertilización nitrogenada y el momento de corte sobre la producción y el valor nutritivo de Gatton panic (*Panicum maximum*), destinado a henificación. Encontraron que la producción de forraje en los tratamientos fertilizados fue superior a la de los tratamientos no fertilizados, y que la fertilización con N y los cortes anticipados en estados avanzados de madurez incrementaron la producción total y mejoraron el valor nutritivo del forraje cosechado (Tabla 2.3).

Tabla 2.3. Producción de MS, PB, digestibilidad in vitro de la MS, y fibra en detergente neutro para los factores fertilización y momento de corte (adaptado de Candotti y Berti, 2001).

	Fertilización		Momento de corte	
	Control	50 kg N/ha	MO	MI
Producción, kg MS/ha	1587 ^a	2877 ^b	1738 ^a	2726 ^b
Proteína bruta, %	5,6 ^a	7,8 ^a	5,0 ^a	8,3 ^b
Digestibilidad in vitro MS, %	56,9 ^a	59,7 ^a	54,3 ^a	62,3 ^b
Fibra en detergente neutro,%	69,7 ^a	69,2 ^a	71,5 ^a	67,4 ^b

MO: 100% de panojamiento en la pastura; MI: máxima producción de MS digestible/ha.

En cada renglón, los valores seguidos de diferentes letras difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

En otro estudio realizado sobre pasto clavel (*Hemarthria altissima*), Candotti y Berti (2001) evaluaron el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción forrajera y el contenido de PB en tres fechas durante su crecimiento (Tabla 2.4).

Tabla 2.4. Producción promedio de materia seca y contenido de proteína bruta en Pasto clavel (adaptado de Candotti y Berti 2001).

Tratamiento	Producción M S (kg/ha)	PB (kg/ha)
Sin fertilizante	4.028 ^b	156 ^b
Fertilizante base (P + K)	4.445 ^{ab}	170 ^b
Fertilizante base + N (100 kg urea/ha)	5.327 ^a	243 ^a

En cada columna, los valores seguidos de diferentes letras difieren estadísticamente ($p < 0,05$)

Candotti y Berti (2001) informaron que la fertilización nitrogenada aumentó la producción de MS y la PB/ha de pasto clavel en las distintas fechas de corte estudiadas.

El incremento de PB sólo se manifestó hasta los 28 días de crecimiento. A partir de ese momento, la PB se diluyó por el incremento de MS (Tabla 2.5).

Tabla 2.5. Concentración promedio de la proteína bruta en pasto clavel (adaptado de Candotti y Berti 2001).

Días de crecimiento	PB (%)		
	Sin fertilizante	Fertilizante	Fertilizante
		Base	Base + N
28	5,53 ^b	5,30 ^b	8,70 ^b
56	3,36 ^a	3,45 ^a	3,26 ^a
84	3,86 ^a	3,34 ^a	3,88 ^a

En cada columna, los valores seguidos de diferentes letras difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

A medida que la fertilización nitrogenada incrementa linealmente la concentración de N en el forraje, el contenido de carbohidratos no estructurales solubles (CNES) disminuye significativamente. En estos casos, la concentración de CNES se correlaciona negativamente con el contenido de N en la planta (Marino et al., 1995). Esta correlación se debería a la utilización de los CNES en la síntesis de proteínas destinadas al crecimiento de la planta. En 1997, los mismos autores trabajaron con avena y raigrás anual y también informaron un aumento en la concentración de N en el forraje y una disminución en el contenido de CNES durante la etapa inicial del rebrote invierno-primaveral. Con el transcurso de la acumulación del forraje, la concentración de CNES tiende a reestablecerse. La digestibilidad del forraje y el contenido de fibra no fueron marcadamente afectados por la fertilización nitrogenada (Mazzanti et al., 1997).

Johnson et al. (2001) evaluaron la respuesta de tres especies forrajeras tropicales a distintas dosis de fertilización nitrogenada. La fertilización con 78 kg N/ha incrementó en un 129 % la masa de forraje producido comparado con el tratamiento no fertilizado. Sin embargo, la adición por encima de 78 kg N/ha no produjo incrementos significativos en la masa de forraje, mientras que la digestibilidad de la MO y la concentración total de N

tuvieron un incremento lineal. Asimismo, se observó que la Fibra en Detergente Neutro (FDN) disminuyó con el aumento de la dosis de fertilizante nitrogenado.

Por otra parte Ryan et al. (1997) señalaron un incremento significativo de la biomasa y también de la producción de grano en trigo cuando fertilizaron con 90 kg de N/ha, pero observaron un efecto muy pequeño en la concentración de N en el grano.

Messman et al. (1991) evaluaron el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la digestibilidad y el contenido de FDN, Fibra en Detergente Ácido (FDA) y celulosa en cebadilla (*Bromus spp.*). La adición de N (98 kg/ha) no afectó significativamente a los parámetros medidos, mientras que los mismos se modificaron a medida que las plantas avanzaban en su estado de madurez. Brizuela et al. (1996) evaluaron el efecto de la fertilización nitrogenada y el pasaje de estado vegetativo a reproductivo sobre el valor nutritivo de dos cultivares de *Festuca arundinacea* que diferían en la flexibilidad de sus láminas. A excepción del porcentaje de PB, que fue marcadamente incrementada por la fertilización, las restantes variables analizadas fueron más afectadas por el cambio de estado vegetativo a reproductivo que por el agregado de N.

El efecto de la fertilización nitrogenada sobre la composición química del forraje puede potenciarse con la ocurrencia de otros factores. En este sentido Cuomo et al. (1996) estudiaron aspectos relativos a la combinación entre fertilización nitrogenada y posterior quema de la biomasa en pastizales naturales. Los resultados mostraron un aumento en la concentración de PB de un 18% de magnitud, de la cual el 65% era proteína degradable en rumen.

2.5. Relación entre la composición química del forraje y la productividad animal.

La composición química del forraje es uno de los principales determinantes del consumo voluntario y de la eficiencia de utilización con que el mismo se transforma en producto animal. Interacciones entre aspectos tales como disponibilidad de nutrientes en el suelo, clima, genotipo de la planta y estado fenológico entre otros pueden generar grandes variaciones en la composición química y consecuentemente afectar la eficiencia

de utilización del verdeo. Esto obviamente incide en la productividad animal generando variaciones dentro del ciclo productivo y entre años.

Un aspecto que ha contribuido a estabilizar esta variabilidad en la producción animal en verdeos anuales es la suplementación energética y la utilización de fuentes de proteína de baja degradabilidad ruminal (Arelovich et al., 2003, 2004).

El trigo, como forrajera invernal anual, presenta una composición química similar a otros verdeos de invierno. En la Tabla 2.6 podemos observar para similares estados vegetativos algunos componentes de diferentes verdeos invernales.

Tabla 2.6. Composición química porcentual de diferentes verdeos invernales sobre base seca (adaptado de INPOFOS 1998).

VERDEO	MS (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	Digestibilidad in vitro (%)
Avena	21	18	62	36	78
Centeno	20	20	61	31	70
Trigo	20	19	65	38	75

En bovinos a pastoreo sobre verdeos invernales sin suplementación, se informaron ganancias diarias de peso de hasta 900 g/día (Arzadún et al., 1998) y con suplementación energética hasta 1.200 g/día (Paisley et al., 1998).

La digestibilidad es una variable de estimación de la calidad, y en los forrajes depende del contenido y estructura de las paredes celulares que condicionan la accesibilidad de los microorganismos del rumen. Con la madurez de la planta aumenta el contenido de la pared celular y por ende disminuye su digestibilidad (Cherney y Marten, 1982). Sin embargo, los productores de la región manifiestan dificultades en lograr altas ganancias de peso sobre verdeos invernales, principalmente avena y sobre todo en los meses de otoño. Elizalde y Santini (1992) sugieren que las bajas ganancias otoñales son debido a una relación inadecuada de proteína soluble (PS) y CNES, asociado a una baja concentración de MS en los primeros estadios de crecimiento. Ferri y Stritzler (1993) sostienen que contenidos de agua en los verdeos superiores al 85% han sido relacionados

con trastornos digestivos y metabólicos, particularmente diarrea, desbalance electrolítico, deshidratación, depresión del consumo y bajas ganancias de peso vivo.

Mazzanti et al. (1997) sostienen que los aumentos en la producción, precocidad y la calidad nutritiva del forraje en invierno y principios de primavera logrados por el efecto de la fertilización nitrogenada, permitirían incrementar la dotación animal en dicho periodo, y con ello la productividad global de los sistemas de producción animal de la región.

En ensayos realizados en la EEA General Villegas del INTA, Gonella (1999) efectuó evaluaciones de la producción de carne sobre verdes invernales fertilizados con N durante dos temporadas. Se analizó el comportamiento al pastoreo de avena Millauquén INTA, triticale Don Norman INTA y raigrás Tama. En todos los casos, existió un elevado nivel de nitratos en el suelo al momento de la siembra y con una aplicación de 50 kg de urea/ha, en estadios de crecimiento temprano (3-5 hojas). Los resultados indican que la práctica de la fertilización nitrogenada en verdes de invierno mejora la producción de carne para todos los cereales evaluados, anticipando la iniciación del pastoreo, con una mayor disponibilidad de forraje. Sin embargo existió una depresión del nivel de aumento de peso individual básicamente para avena y triticale, indicando que los lotes fertilizados con N deberían manejarse con una suplementación estratégica de los animales durante el primer aprovechamiento para evitar deprimir el nivel de ganancia de peso cuando el verdeo presenta bajo porcentaje de MS. La fertilización nitrogenada deprimió el contenido de MS, pero aportó una diferencia de forraje que permite manejar una mayor carga animal.

La fertilización con N en TDP puede exacerbar el desbalance de PB, PS, CNES y MS. Arelovich et al. (2003, 2004) discutieron distintos programas de suplementación que se pueden ajustar a diferentes situaciones, para optimizar desde el punto de vista biológico la respuesta productiva del animal a pastoreo. Pordomingo et al. (2002) coinciden en que la suplementación energética puede balancear la dieta sobre verdes de alta producción otoñal. Sin embargo, sugieren que la suplementación invernal tendría efectos sustitutivos pero no aditivos sobre el consumo y el aumento de peso.

En consecuencia, dada la trascendencia de conocer detalladamente la composición de la dieta, nuestro estudio evaluará fracciones nutricionales del forraje producido por TDP sometido a diferentes regímenes de fertilización nitrogenada.

2.6. Hipótesis de trabajo y objetivos.

En general, la fertilización nitrogenada promueve cambios en la cantidad y composición química de la biomasa de forraje producida. Estos cambios alteran la proporción relativa de nutrientes críticos componentes del forraje. En consecuencia se definen las siguientes hipótesis de trabajo

* La productividad y concentración de MS en un verdeo de trigo son afectadas por la época de corte y la dosis de fertilizante nitrogenado utilizado.

* La digestibilidad de la materia seca aumenta con incrementos progresivos en las dosis de fertilizante nitrogenado, y esta diferencia se mantiene durante el período de uso forrajero .

* Las proporciones relativas de las fracciones de la pared celular resultan más afectadas por el fertilizante nitrogenado que por el avance de la madurez de la planta.

* Las proporciones relativas de N total, N soluble y CNES cambian al aumentar la dosis de fertilizante nitrogenado, y este cambio es constante durante el período de uso forrajero.

* Las concentraciones de minerales críticos varían a lo largo del ciclo productivo en forma diferencial entre TDP fertilizados o no fertilizados.

Los objetivos del presente trabajo fueron

* Determinar la productividad y composición química (fracciones de interés nutricional) de un cultivar de trigo con aptitud para el doble propósito en respuesta a época de corte y niveles creciente de fertilización nitrogenada.

* Evaluar los efectos combinados de ambiente y fertilización mediante la repetición del experimento en dos sitios diferentes durante dos años consecutivos.

MATERIALES Y METODOS

3.1 Sitios experimentales y características edafo-climáticas

El trabajo se realizó durante los años 2000 y 2001 en dos sitios experimentales localizados en la Provincia de Buenos Aires. Estos fueron la Estación Experimental Coronel Suarez (Ministerio de Asuntos Agrarios y de la Producción de la provincia de Buenos Aires) en las localidades de Pasman (38° 21' LS y 62° 08' LO) y Cabildo (38° 25' LS y 61° 42' LO).

3.1.1 Relevamiento del suelo.

En ambas localidades se determinaron las características del suelo respecto a contenido de fósforo (P) extractable por la metodología de Bray y Kurtz (1945), materia orgánica (MO) por el método de Walkley-Black (1934), nitratos (NO_3^-) por método colorimétrico de Bremner (1982) y ph por el método potenciométrico.

3.1.2 Caracterización de variables climáticas.

Se obtuvieron los datos de temperatura media (°C), precipitación (mm) y heladas de: Estación experimental de Coronel Suárez, ubicada en Pasman (años 2000-2001), Servicio meteorológico nacional registro Bahía Blanca (promedios históricos, Pasman 1971-1990, Cabildo 1961-1990) y Estación meteorológica WS Delta, ubicada en Cabildo (años 2000-2001).

3.2 Cultivo de trigo y desarrollo experimental.

3.2.1 Preparación del cultivo de trigo.

En este estudio se utilizó el cultivar de trigo Prointa super, considerado apto para el doble propósito (TDP). Después de la preparación de la cama de siembra, la misma se efectuó en parcelas experimentales con una sembradora de conos, con zapatas, separadas

entre sí por 20 cm. Las dimensiones de las parcelas fueron de 1,4 m de ancho y 5 m de largo, con una superficie total de 7 m² en siete surcos. Se utilizaron 350 semillas viables por m². La fecha de siembra fue en el año 2000 el 27/03 para la localidad de Cabildo y el 04/04 para la localidad de Pasma. Mientras que para el año 2001, el 20/03 y el 30/03 respectivamente.

3.2.2 Tratamientos y diseño experimental.

Los tratamientos impuestos fueron 5 niveles de fertilización nitrogenada: 0 (control), 40, 80, 120 y 160 kg de urea/ha, aplicados luego de la siembra; y se realizaron dos cortes de forraje (ver tabla 3.1). Los tratamientos se repitieron en dos localidades (Pasma y Cabildo), durante dos años consecutivos (2000-2001).

La fertilización se realizó al voleo luego de la siembra cuando el cultivo presentó entre 2 y 4 hojas. Los cortes realizados fueron coincidentes con distintos momentos del ciclo de crecimiento del cultivo, tratando de obtener así forraje generado en períodos que diferían entre sí en sus condiciones climáticas.

Tabla 3.1. Fechas de corte y muestreo por año y localidad.

Año	Localidad	Corte 1 (C1)	Corte 2 (C2)
2000	Pasma	27/06	18/08
	Cabildo	28/06	26/08
2001	Pasma	26/06	14/08
	Cabildo	03/07	17/08

El diseño consistió en bloques completamente aleatorizados, con idénticos tratamientos en cada localidad en los cuales cada parcela fue considerada como unidad experimental. Así, se estableció un diseño básico de bloques con 4 repeticiones, con un factor principal (los 5 niveles de fertilización nitrogenada) y otro secundario (los cortes C1 y C2). Adicionalmente para la repetición del ensayo por localidad y año se consideraron 4 factores (ver análisis estadístico).

3.3 Rendimiento de forraje y grano.

La evaluación del forraje se realizó sobre los 5 surcos centrales, retirando el mismo con corte a tijera de alrededor de 1 kg de materia verde por muestra. Para medir la producción total del forraje los cortes se realizaron con una motoguadañadora dejando una biomasa remanente de 5 cm de altura, mientras que la cosecha de grano se realizó en forma manual.

La determinación de los momentos de corte respondió al objetivo de contar con muestras de forraje producido en distintos momentos del ciclo de crecimiento del cultivo, con diferencias marcadas en sus condiciones climáticas. El primer corte se realizó en los primeros días de junio y permitió evaluar forraje producido en un período caracterizado por pocas heladas, menor radiación solar y con mayor disponibilidad de humedad en el suelo. Este forraje representa el obtenido comúnmente por los animales en una primera etapa del pastoreo. El segundo corte se efectuó cuando el cultivo alcanzó el estado de primer entrenudo, evento que marca el inicio del estado reproductivo de la planta. Este segundo corte permitió evaluar el forraje producido en un período caracterizado por heladas severas y frecuentes, menos precipitaciones, pero con mayor radiación solar.

3.4 Procesamiento de las muestras y determinaciones analíticas.

Al momento del corte se separó una submuestra de cada parcela de aproximadamente 500 g. Las submuestras se recogieron en bolsas plásticas, las cuales fueron debidamente identificadas, y cada una de ellas fue inmediatamente introducida en una conservadora con hielo de gas carbónico. Una vez en el laboratorio fueron secadas mediante liofilizado, y posteriormente se molieron utilizando un molino Wiley, con tamiz de 2 mm de diámetro de poro.

Sobre las muestras del forraje obtenido se efectuaron las siguientes determinaciones:

- Materia seca (MS), liofilizador marca Heto FD 8.0 (HetoHolten, Denmark).
- Proteína bruta (PB), (N x 6,25) método semimicro-Kjeldhal de Bremmer y Breitenke (1983).

- Proteína soluble (PS), (N x 6,25) método semimicro-Kjeldhal de Bremmer y Breitenke (1983).
- Carbohidratos no estructurales (CNES) (AOAC, 2000).
- Fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) se utilizó el sistema secuencial ANKOM, según Goering and Van Soest (1970).
- Lignina, Van Soest (1991).
- Minerales (Ca, P, Mg, K, S, Cu, Zn) mediante solubilización de las cenizas en medio ácido (AOAC, 2000), para posterior determinación de cada mineral mediante espectrofotómetro de emisión atómica por plasma inducido (Shimadzu, modelo ICPS 1000 III).
- Digestibilidad de la MS estimada por la ecuación de (Mertens, 1987): digestibilidad, $\% = 88,9 - (0,779 * \% \text{ FDA})$.

3.5 Análisis estadístico.

Para el análisis estadístico del diseño básico se consideró un ANVA doble en parcela dividida. La repetición del ensayo en 2 localidades durante 2 años consecutivos, en unidades experimentales diferentes, determinó un ANVA de 4 factores, en el cual se utilizó como cuadrado medio de error 1 y 2 los correspondientes al ANVA general para no perder grados de libertad.

Como procedimiento para descomponer los resultados del análisis estadístico, se consideraron, primero, las interacciones que involucraron los 2 factores básicos (fertilización x corte), y luego las que contuvieron sólo uno de ellos con el resto de los factores (localidad y/o año). Según la significancia en las interacciones estudiadas, se compararon las medias mediante el test de diferencias mínima significativas (DMS, $\alpha = 0,05$).

Para las variables correspondientes a producción de forraje cuando no hubo interacción del tratamiento de fertilización x corte, pero se hallaron diferencias entre los niveles de fertilización, se probó la existencia de una tendencia lineal en la respuesta mediante contraste ortogonal, utilizando el promedio de ambos cortes. Adicionalmente se aplicó una prueba de bondad de ajuste a dicho modelo lineal. Cuando hubo una

interacción significativa fertilización x corte, estas pruebas se realizaron para las medias de cada corte por separado. En el caso en que los tratamiento de fertilización o los factores localidad, año y corte resultaron diferentes significativamente, se utilizó el test de diferencias mínimas significativas como procedimiento de separación de medias.

Para producción de grano, el factor secundario corte no existe; por lo tanto el diseño básico se convierte en un ANVA simple en bloques, que se repite en 2 localidades durante 2 años. Esto constituye un ANVA triple.

4.1 Variables edáficas.

El suelo está clasificado como Hapludol típico de textura franco arenosa en la localidad de Cabildo y Hapludol petrocálcico de textura franca en Pasman. El análisis de suelo en la capa arable (0-60cm) realizado para ambas localidades en los diferentes ensayos, presentó diferencias en sus determinaciones entre años y localidades (Tabla 4.1).

Tabla 4.1. Determinaciones en suelo de fósforo extractable, materia orgánica y nitratos, para Cabildo y Pasman durante los años 2000 y 2001.

	2000		2001	
	Cabildo	Pasman	Cabildo	Pasman
Fósforo (ppm)	12,3	9,5	13,0	12,0
M Orgánica (%)	2,1	4,4	1,2	4,3
NO ₃ ⁻ (ppm)	43,4	85,7	29,2	64,5

4.2 Variables climáticas.

Cabildo presenta una zona de transición con un régimen climático subhúmedo seco en la parte norte transformándose en semiárido a medida que avanza hacia el sur. Las precipitaciones medias anuales oscilan entre 600 y 650 mm respectivamente, ocurriendo las mayores en los meses de verano. Las temperaturas mínimas llegan a -11,8 °C en invierno, mientras que las temperaturas máximas llegan hasta los 43,8 °C en verano, con heladas desde mediados de mayo hasta fines de septiembre.

Pasman presenta un régimen climático subhúmedo seco, las precipitaciones medias anuales oscilan entre 800 y 900 mm. La época más seca es la invernal. Las temperaturas extremas son menores, siendo la mínima absoluta de -9,9 °C y la máxima

absoluta de 41,2 °C. Las heladas comienzan a fines de abril terminando a mediados de octubre.

En las Tablas 4.2 y 4.3 se informan los datos obtenidos durante el año 2000 y 2001, tanto para Cabildo como para Pasman, los cuales fueron comparados con el promedio histórico de cada localidad.

Tabla 4.2. Registro de temperatura, precipitación y heladas en la localidad de Pasman, durante los años 2000 y 2001, comparadas con el promedio histórico.

Mes	<u>Temperatura media^{1,2}, °C</u>			<u>Precipitación^{1,2}, mm</u>			<u>Heladas¹</u>	
	2000	2001	1971-1991	2000	2001	1971-1990	2000	2001
Enero	24,9	22,3	21,2	83,0	114,5	123,0	0	0
Febrero	21,1	22,6	20,1	193,5	77,0	75,0	0	0
Marzo	18,1	19,0	17,3	126,5	189,5	95,0	0	0
Abril	14,6	13,4	13,5	13,5	121,0	95,0	0	1
Mayo	10,6	10,1	9,7	79,5	15,0	61,0	1	1
Junio	8,2	7,5	6,5	0,0	26,0	17,0	9	10
Julio	4,7	5,9	6,4	0,0	7,5	33,0	23	13
Agosto	7,5	9,9	7,9	51,5	61,5	37,0	15	3
Setiembre	10,4	10,4	10,4	62,0	111,0	67,0	5	4
Octubre	13,3	15,1	13,5	177,5	186,5	105,0	0	0
Noviembre	21,1	16,5	16,5	15,0	104,0	91,0	2	0
Diciembre	22,3	20,3	19,9	37,0	53,0	69,0	0	0
Total				839,0	1.066,5	868,0	55	32

¹ Estación Experimental de Coronel Suárez, ubicación Pasman, años 2000-2001.

² Servicio Meteorológico Nacional. Registro Bahía Blanca. Años 1971-1990.

El total de precipitaciones registrado en Pasman en el año 2000 fue de 839 mm, mientras que para el año 2001 fue 1.066,5 mm. Los datos obtenidos en el año 2000 fueron similares al promedio histórico de la localidad (868 mm), mientras que para el año 2001 sí hubo una diferencia importante, como así también en cuanto a la distribución de

los mm caídos en los diferentes meses del año. Existieron diferencias en el número de heladas registradas en los distintos años, 55 para el año 2000, mientras que para el año 2001 las heladas fueron 32. Con respecto a la temperatura media, se puede apreciar un leve aumento de la misma comparada con los valores del promedio histórico de la localidad.

Tabla 4.3. Registro de temperatura, precipitación y heladas de la localidad de Cabildo, durante los años 2000 y 2001, comparadas con el promedio histórico.

Mes	Temperatura media ^{1,2} , °C			Precipitación ^{1,2} , mm			Heladas ¹	
	2000	2001	1981-1991	2000	2001	1961-1990	2000	2001
Enero	21,0	22,3	23,3	50,0	101,8	74	0	0
Febrero	21,5	21,5	22,5	12,2	25,6	44	0	0
Marzo	16,3	20,6	18,7	31,2	54,0	91	0	0
Abril	15,4	15,2	14,6	7,4	211,8	60	0	0
Mayo	10,8	12,0	10,5	73,6	26,0	37	0	1
Junio	8,9	9,8	7,8	15,8	22,0	17	5	5
Julio	6,2	8,1	7,3	21,2	13,0	31	9	S/D
Agosto	8,0	10,4	9,2	22,8	85,0	38	11	1
Setiembre	10,3	10,6	11,1	50,2	97,4	51	5	6
Octubre	13,3	14,6	14,5	70,4	159,0	81	0	0
Noviembre	17,8	16,6	18,9	24,2	114,0	42	0	0
Diciembre	22,3	20,6	22,3	9,8	6,6	50	0	0
Total				388,8	916,2	614	30	13

¹ Estación Meteorológica WS Delta, ubicación Cabildo, años 2000-2001.

² Servicio Meteorológico Nacional. Registro bahía Blanca. Años 1961-1990.

S/D: sin datos.

El total de precipitaciones registrado en Cabildo en el año 2000 fue muy bajo (388,8 mm), comparadas con el promedio histórico (614 mm) y más aún con el año 2001, donde se registró una marca de 916,2 mm. Existieron marcadas diferencias en la distribución pluviométrica en los diferentes meses del año. El número de heladas

registradas fue de 30 para el año 2000 y sólo 13 en el año 2001. Con respecto a la temperatura media, la misma se mantuvo en los valores del promedio histórico de la localidad.

4.3 Rendimiento de la biomasa forrajera y grano.

4.3.1 Producción de forraje

La fertilización nitrogenada afectó la producción de forraje, detectándose una interacción triple que involucró a los factores: fertilización x localidad x año ($P < 0,05$). Por dicho motivo, la evaluación de los tratamientos se realizó para cada localidad y año separadamente (Figura 4.1).

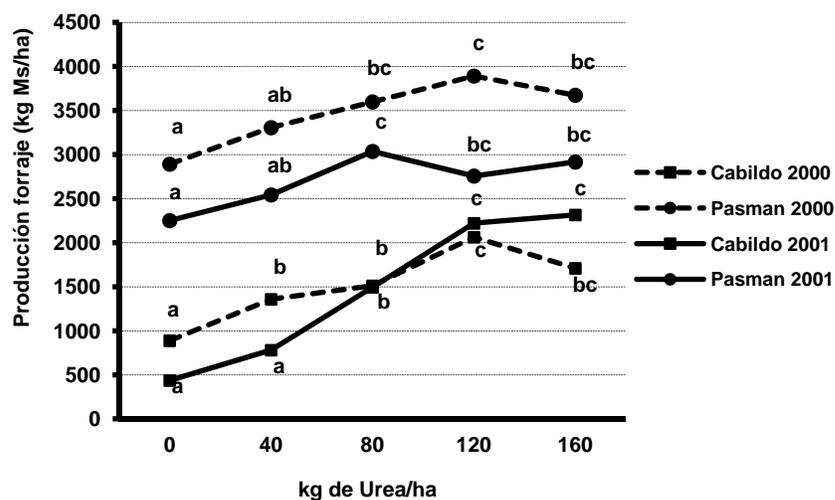


Figura 4.1. Producción de forraje en trigo doble propósito con diferentes niveles de fertilización nitrogenada por localidad y año.

Letras distintas en la misma curva difieren significativamente ($P < 0,05$). EEM = 41,11

Se observa que la producción de biomasa en Pasman fue superior a la producción de Cabildo en ambos años. En todos los casos se verificó un incremento lineal ($P < 0,01$) en la producción de forraje hasta los 120 kg de urea/ha, con excepción de Pasman 2001, en cuyo caso el aumento se evidenció hasta los 80 kg de urea/ha.

4.3.2 Producción de grano

Para la producción de grano, se detectó una interacción significativa ($P < 0,01$) que involucró al factor fertilización x localidad (Figura 4.2).

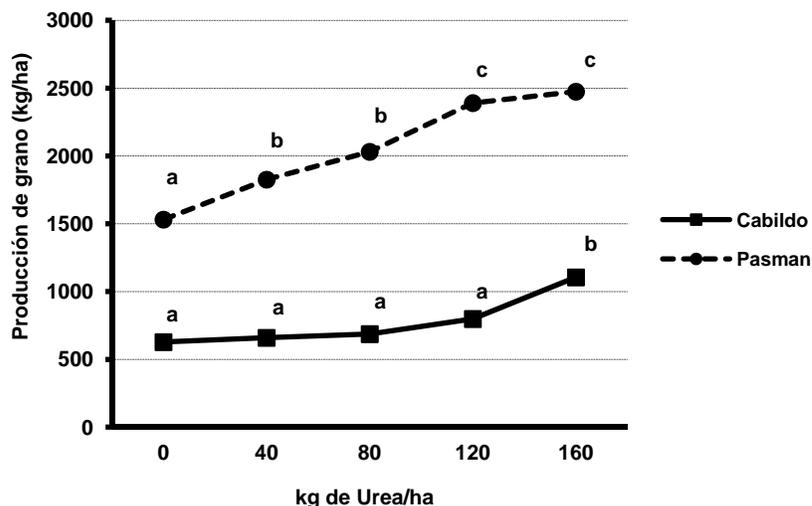


Figura 4.2. Producción de grano en trigo doble propósito con diferentes niveles de fertilización nitrogenada por localidad.

Letras distintas en la misma curva difieren significativamente ($P < 0,01$). EEM = 89,18

Al igual que en la producción de forraje, en Pasman se registró una mayor producción de grano que en Cabildo (2.051 kg vs 776 kg). Si bien esta variable presentó un efecto lineal ($P < 0,01$) ante el aumento de la dosis de N en ambas localidades, el comportamiento no fue el mismo: permaneció aproximadamente constante en Cabildo hasta los 120 kg de urea/ha, aumentando recién en la dosis mayor; mientras que en Pasman el aumento fue gradual desde el testigo hasta los 120 kg urea/ha.

4.4 Composición química del forraje.

La tabla 4.4 proporciona a modo de resumen los promedios generales referidos a las distintas variables en estudio, correspondientes a la composición química del forraje.

Tabla 4.4. Contenido medio de materia seca, fibra en detergente neutro, fibra en detergente ácido, lignina, carbohidratos no estructurales solubles, proteína bruta, proteína soluble y cenizas en trigo doble propósito para cada corte y diferentes dosis de fertilización nitrogenada.

Variables	kg de urea/ha									
	0		40		80		120		160	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2
MS (%)	21,01	25,82	19,26	24,32	18,61	23,58	17,67	21,45	17,57	21,66
FDN (%)	45,05	46,83	43,55	45,12	43,69	46,24	43,14	46,25	43,42	45,69
FDA (%)	24,52	24,73	23,18	23,79	23,16	24,79	22,77	24,64	23,24	24,81
L (%)	4,85	4,01	3,46	3,19	3,74	4,06	3,65	3,97	3,78	4,24
CNES (%)	15,89	21,27	15,58	20,31	16,19	19,38	14,16	18,74	13,92	16,07
PB (%)	20,96	17,28	21,99	18,06	22,95	17,88	24,59	19,46	24,12	20,32
PS (%)	8,26	7,20	8,70	7,17	10,14	7,00	10,66	7,49	10,92	7,93
Cenizas (%)	10,58	8,93	9,61	8,36	9,85	8,33	9,87	8,86	9,92	8,87

C1, C2 = corte 1, corte 2. MS = materia seca. FDN = fibra en detergente neutro. FDA = fibra en detergente ácido. L = lignina. CNES = carbohidratos no estructurales solubles. PB = proteína bruta. PS = proteína soluble.

Sin embargo, los resultados que describen cada variable en particular son presentados a continuación de acuerdo al grado de trascendencia de las interacciones detectadas.

4.4.1 Contenido de materia seca.

En el contenido de MS la única interacción detectada para fertilización fue con localidad ($P < 0,01$). Si bien el porcentaje medio de MS en Cabildo (23,48) fue mayor que en Pasman (18,71) y ambas localidades presentaron un efecto lineal ($P < 0,01$) ante el aumento de la dosis de N, el comportamiento no fue el mismo. Permaneció aproximadamente constante en Pasman hasta los 80 kg de urea/ha, mientras que en Cabildo se produjo un descenso más marcado en los valores de MS hasta los 120 kg de urea/ha (Figura 4.3).

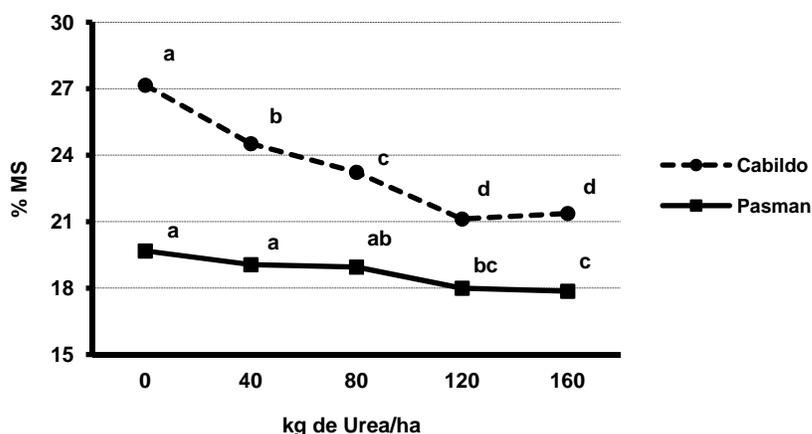


Figura 4.3. Contenido de MS en trigo doble propósito con diferentes niveles de fertilización nitrogenada por localidad.

Letras distintas en la misma curva difieren significativamente ($P < 0,01$). EEM = 0,515.

Para el factor corte la interacción significativa de mayor orden fue corte x localidad x año ($P < 0,01$). Por consiguiente, se presentan los resultados de ambos cortes para cada localidad y año por separado. Si bien el contenido promedio de MS en C2 (23,37 %) fue mayor en todos los casos que en C1 (18,83 %), la magnitud de estas diferencias no fue la misma. (Figura 4.4).

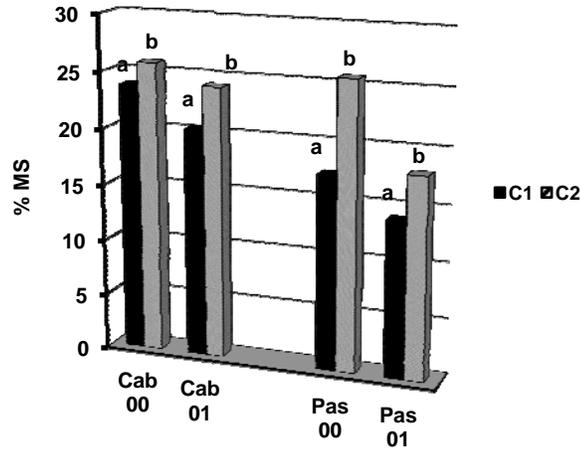


Figura 4.4. Contenido de MS en trigo doble propósito por corte para cada localidad y año. Letras distintas en cada par de columnas difieren significativamente ($P < 0,01$). $EEM = 0,30$.

4.4.2 Componentes de la pared celular y digestibilidad de la materia seca.

Fibra en detergente neutro

El factor fertilización no presentó interacciones. Se detectó un efecto lineal ($P < 0,05$) del mismo en el contenido medio de FDN, observándose una concentración mayor en el tratamiento control que en el resto de las dosis de N (Figura 4.5).

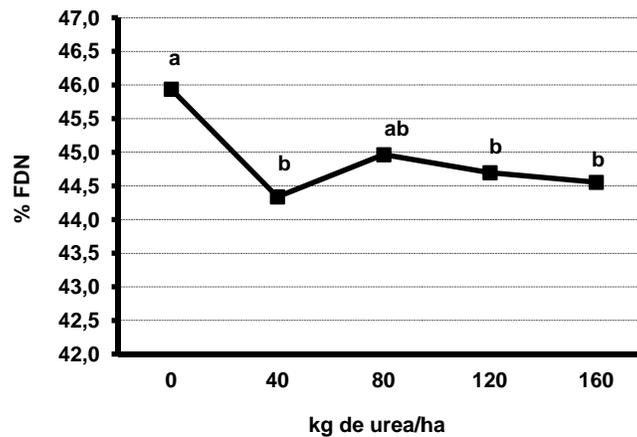


Figura 4.5. Contenido de FDN en trigo doble propósito con diferentes niveles de fertilización nitrogenada.

Letras distintas en la misma curva difieren significativamente ($P < 0,05$). $EEM = 0,36$.

La única interacción significativa que involucró al factor corte fue con localidad ($P < 0,01$), evidenciándose que el contenido medio de FDN en C2 fue mayor que en C1; y en Cabildo mayor que en Pasman (Figura 4.6).

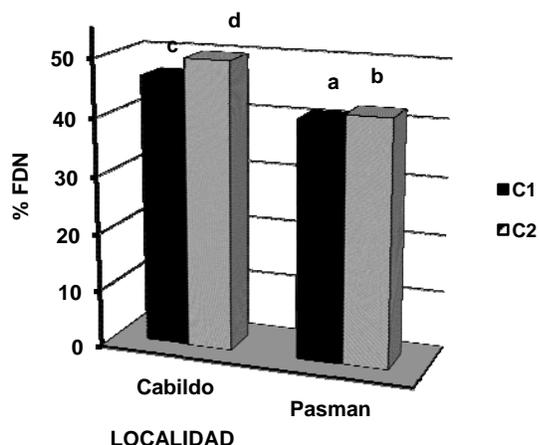


Figura 4.6. Contenido de FDN en trigo doble propósito por localidad y corte.

Letras distintas en cada columna difieren significativamente ($P < 0,01$). EEM = 0,358.

Fibra en detergente ácido

Con respecto al factor fertilización, la concentración de FDA tuvo interacción con localidad y corte ($P < 0,05$). Dicha interacción se produjo debido a que en la localidad de Cabildo se observó un efecto lineal ($P < 0,01$) de la fertilización nitrogenada, tanto en C1 como en C2, pero con comportamientos diferentes. Mientras que para la localidad de Pasman la concentración de FDA, si bien fue menor que la de Cabildo, no presentó ninguna variación estadísticamente significativa con respecto a los diferentes niveles de fertilización (Figura 4.7).

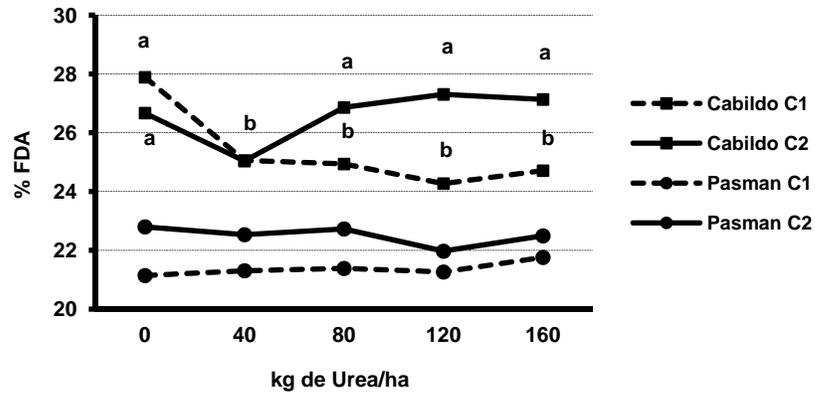


Figura 4.7. Contenido de FDA en trigo doble propósito con diferentes niveles de fertilización nitrogenada por localidad y corte.

Letras distintas en la misma curva difieren significativamente ($P < 0,05$). EEM = 0,239

La interacción más importante para FDA que involucra al factor corte fue corte x localidad x año ($P < 0,01$). Si bien el contenido promedio de FDA en Cabildo fue mayor que en Pasman y en el año 2001 mayor que en el año 2000, en los cortes sólo hubo diferencias a favor de C2 en Cabildo 2000 y en Pasman 2001 (Figura 4.8).

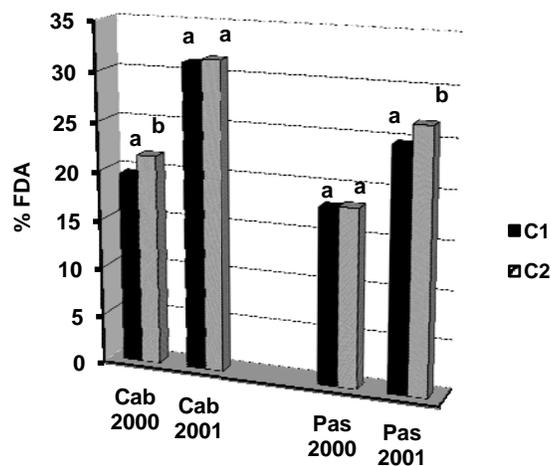


Figura 4.8. Contenido de FDA en trigo doble propósito por corte para cada localidad y año.

Letras distintas en cada par de columnas comparan cortes dentro de cada localidad y año, difieren significativamente ($P < 0,01$). EEM = 0,387.

Lignina

Para la concentración de lignina el factor fertilización presentó interacción con localidad ($P < 0,01$) y con año ($P < 0,05$). En Cabildo 2001 se observaron concentraciones medias mayores de lignina y una respuesta diferente a la fertilización nitrogenada con respecto al resto de las observaciones por localidad y año. En este caso, la fertilización disminuyó el porcentaje de lignina en comparación con el tratamiento control (Figura 4.9).

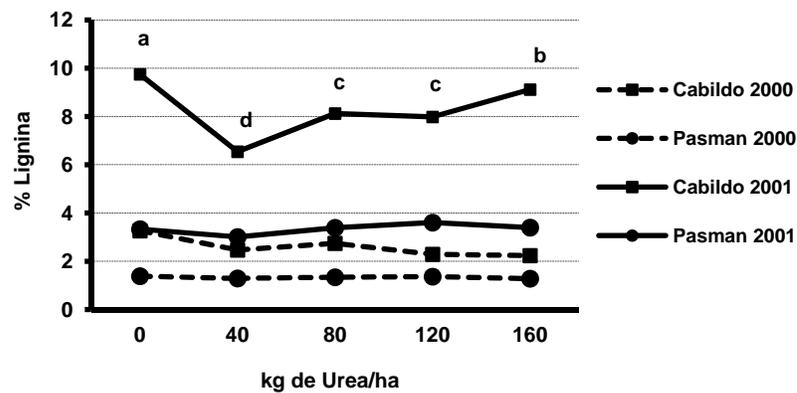


Figura 4.9. Contenido de lignina para trigo doble propósito con diferentes niveles de fertilización nitrogenada por localidad y año.

Letras distintas en la misma curva difieren significativamente ($P < 0,01$). $ESM = 0,337$.

Por otro lado, se observó una fuerte interacción localidad x año ($P < 0,01$). Si bien la concentración promedio de lignina fue superior en Cabildo que en Pasman la magnitud de esa diferencia fue más marcada en el año 2001 (Figura 4.10).

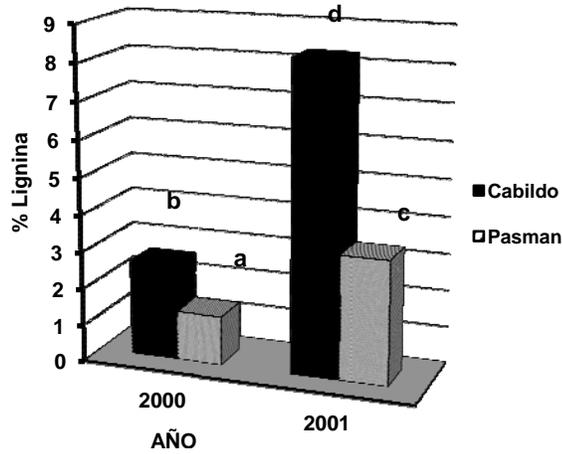


Figura 4.10. Contenido de lignina en trigo doble propósito por localidad y año.

Letras distintas en cada columna difieren significativamente ($P < 0,01$). EEM = 0,151.

Digestibilidad de la materia seca

El factor fertilización no presentó ningún tipo de interacción ni efecto sobre la digestibilidad. La interacción de mayor orden fue corte x localidad x año ($P < 0,05$), observándose que la DMS en el material del C1 fue mayor al de C2 en Cabildo 2000 y Pasman 2001, aunque las diferencias fueron numéricamente muy pequeñas (Figura 4.11).

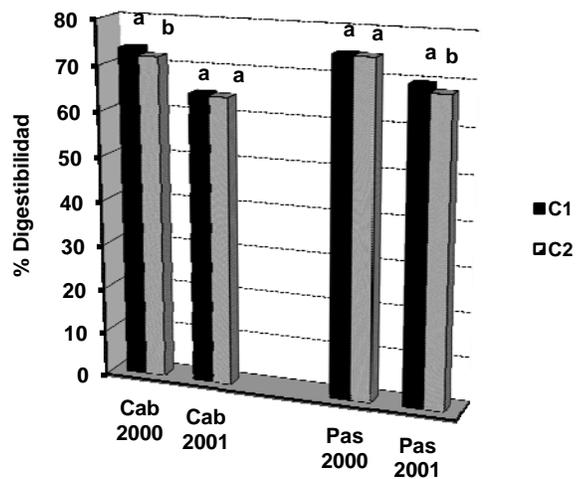


Figura 4.11. Digestibilidad de la MS en trigo doble propósito por corte para cada localidad y año.

Letras distintas en cada par de columnas comparan cortes dentro de cada localidad y año, difieren significativamente ($P < 0,01$).

4.4.3 Carbohidratos no estructurales solubles.

El factor fertilización no presentó interacción con corte. La interacción de mayor orden que involucró al factor fertilización fue con localidad y año ($P < 0,01$). En general, se observó que para la concentración de CNES en ambas localidades, la media del año 2000 fue marcadamente superior a la del año 2001, aunque con comportamientos diferentes para cada localidad. Asimismo, los valores de CNES registrados en Cabildo superan a los de Pasma (Figura 4.7). Durante el año 2000, en Cabildo se determinó una disminución de CNES, para las 2 dosis mayores de N, mientras que para las restantes permaneció aproximadamente constante. Para la localidad de Pasma, en el año 2000 hubo diferencias más marcadas entre las dosis de N que para las combinaciones de las restantes localidades y años. El nivel de fertilización tuvo un efecto lineal ($P < 0,01$) decreciente en el año 2000, mientras que en el 2001 no presentó un efecto significativo (Figura 4.12).

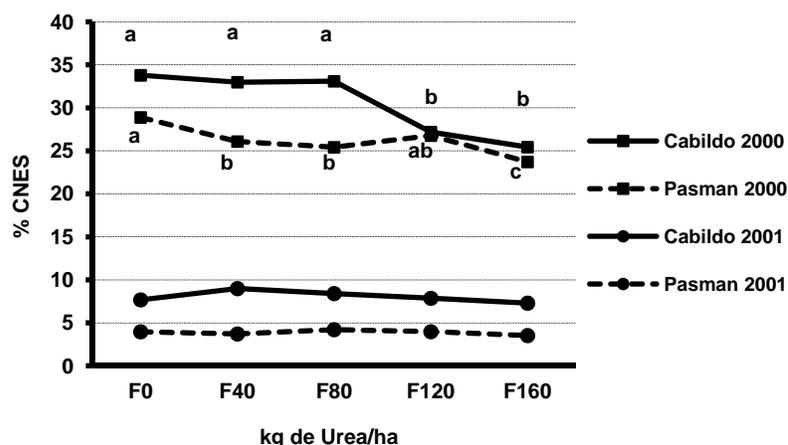


Figura 4.12. Contenido de CNES en trigo doble propósito con diferentes niveles de fertilización nitrogenada por localidad y año.

Letras distintas en la misma curva difieren significativamente ($P < 0,01$). EEM = 0,825.

Para el factor corte, la interacción significativa de mayor orden fue corte x localidad x año ($P < 0,01$). Si bien la concentración de CNES en el corte C2 fue mayor a la

de C1, en Pasma 2000 y Cabildo 2001 las magnitudes fueron muy diferentes; como así también entre los años 2000 y 2001 (Figura 4.13).

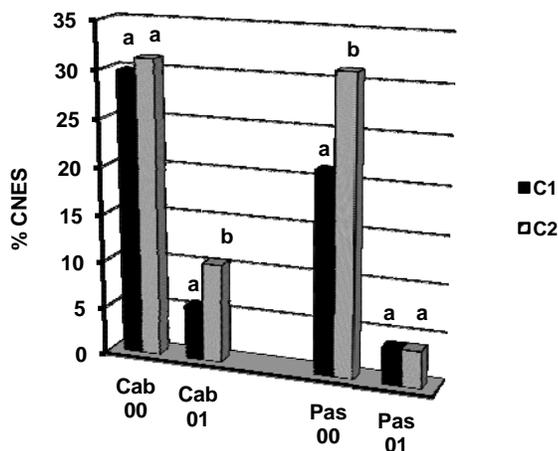


Figura 4.13. Contenido de CNES en trigo doble propósito por corte para cada localidad y año.

Letras distintas en cada par de columnas comparan cortes dentro de cada localidad y año, difieren significativamente ($P < 0,01$). EEM = 0,533

4.4.4 Fracciones nitrogenadas.

Proteína Bruta

En cuanto al efecto de la fertilización sobre el contenido de PB fue evidente la interacción de nivel de fertilización x año ($P < 0,05$). En este caso, se aprecia un efecto lineal ($P < 0,05$) creciente en el contenido medio de PB en el año 2000 al incrementar la dosis de N, mientras que para 2001 sólo las dosis altas de N (120 y 160) generaron un incremento en PB en comparación con las restantes dosis evaluadas (Figura 4.14).

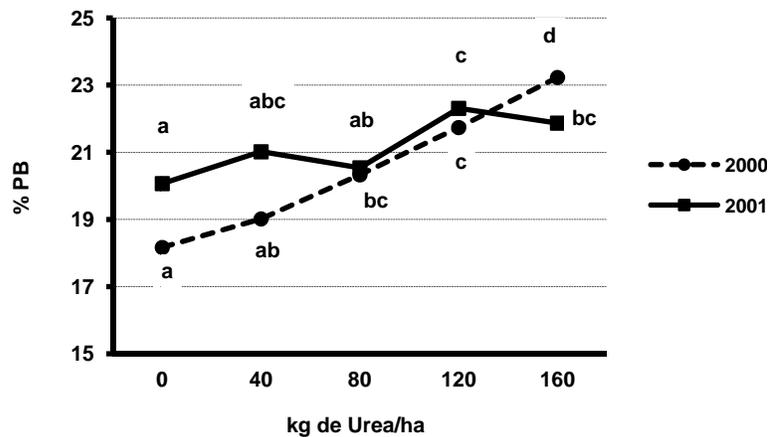


Figura 4.14. Contenido de PB en trigo doble propósito con diferentes niveles de fertilización nitrogenada por año.

Letras distintas en la misma cueba difieren significativamente ($P < 0,05$). EEM = 0,52.

Para el factor corte no se observaron interacciones. La concentración de PB considerando el promedio de ambas localidades y años, fue mayor ($P < 0,01$) para C1 (23,0 %) que para C2 (18,6 %) Figura 4.15.

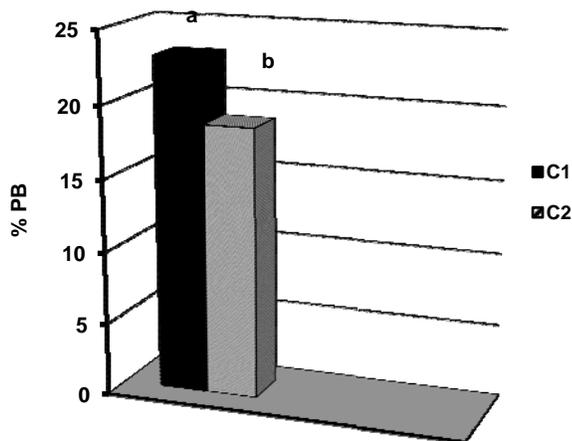


Figura 4.15. Contenido de PB en trigo doble propósito por corte.

Letras distintas en cada columna comparan cortes, difieren significativamente ($P < 0,01$).

Proteína Soluble

La interacción más importante observada para PS fue entre los factores fertilización y corte ($P < 0,01$). Con los distintos niveles de fertilización los cortes exhibieron un comportamiento diferente; en C2 sólo hubo un efecto positivo a la fertilización en la dosis mayor de N (160 kg de urea/ha), mientras que en C1 mostró un efecto lineal ($P < 0,01$) ascendente ante el aumento de N (Figura 4.16).

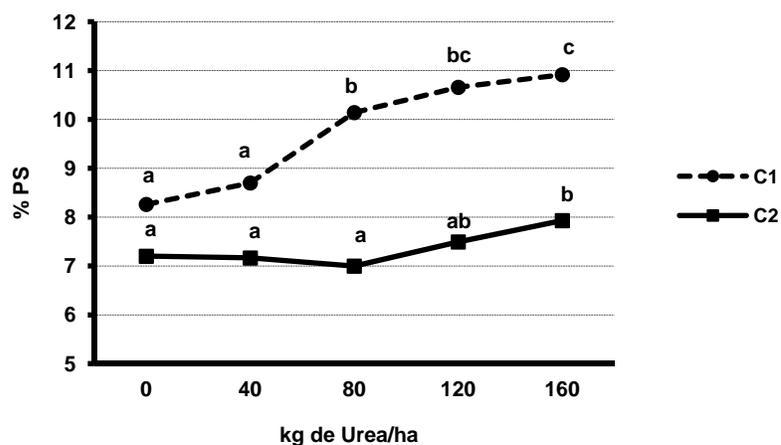


Figura 4.16. Contenido de PS en trigo doble propósito con diferentes niveles de fertilización nitrogenada por corte.

Letras distintas en la misma curva difieren significativamente ($P < 0,01$). EEM = 0,186.

Se encontró interacción entre el factor localidad y el factor año ($P < 0,01$) sobre la PS. Si bien Pasman resultó superior a la localidad de Cabildo en los dos años de estudio, el comportamiento fue diferente. Cabildo presentó una similitud en la concentración de PS de un año a otro, mientras que en Pasman el nivel de PS en el año 2001 fue 13,3 % superior al del año 2000 (Figura 4.17).

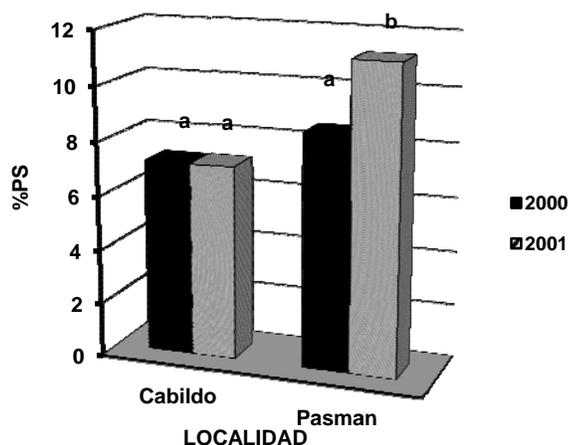


Figura 4.17. Contenido de PS en trigo doble propósito por año y localidad.

Letras distintas en cada par de columnas comparan años dentro de cada localidad, difieren significativamente ($P < 0,01$).

4.4.5 Relación proteína bruta - carbohidratos no estructurales solubles.

La fertilización nitrogenada afectó la relación PB/CNES (Figura 4.18). Este efecto creciente pudo observarse a partir de la dosis de 120 y 160 kg/ha.

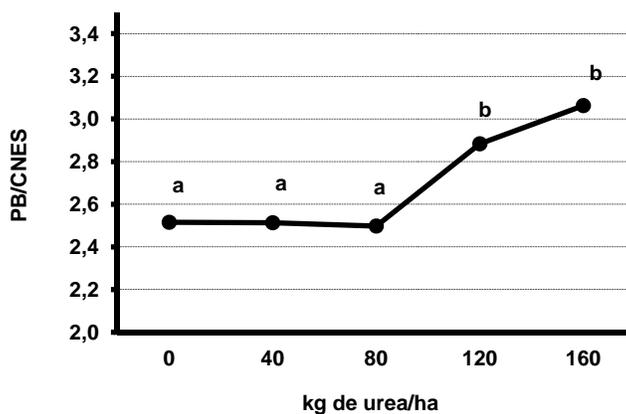


Figura 4.18. Relación PB/CNES en trigo doble propósito con diferentes niveles de fertilización nitrogenada.

Letras distintas en la misma curva difieren significativamente ($P < 0,01$).

La interacción más significativa que involucró al factor corte fue corte x localidad x año ($P<0,01$). La relación PB/CNES fue superior en el C1 con respecto al C2 en ambas localidades sólo en el año 2001 (Figura 4.19).

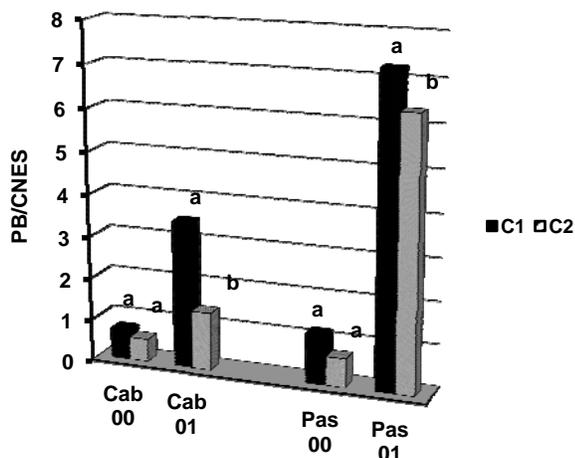


Figura 4.19. Relación PB/CNES en trigo doble propósito por corte para cada año y localidad.

Letras distintas en cada par de columnas comparan cortes dentro de cada localidad y año, difieren significativamente ($P<0,01$).

4.4.6 Relación proteína soluble - carbohidratos no estructurales solubles.

En líneas generales, debido a que la PS constituyó la mayor proporción de la PB del trigo doble propósito, como es habitual en verdes de invierno, la respuesta a la fertilización nitrogenada en la relación PS/CNES siguió el mismo patrón que la observada en PB/CNES. Sin embargo en este caso el incremento en el cociente PS/CNES se inició a partir de los 80 kg de urea/ha (Figura 4.20).

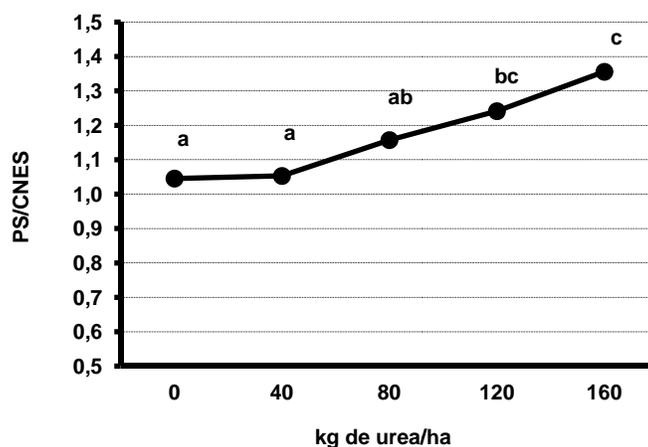


Figura 4.20. Relación PS/CNES en trigo doble propósito con diferentes niveles de fertilización nitrogenada.

Letras distintas en la misma curva difieren significativamente ($P < 0,01$).

Al igual que con la relación PB/CNES, se presentó interacción con el factor corte x localidad x año ($P < 0,05$) y la relación PS/CNES fue superior en el C1 con respecto al C2 en ambas localidades sólo en el año 2001 (Figura 4.21).

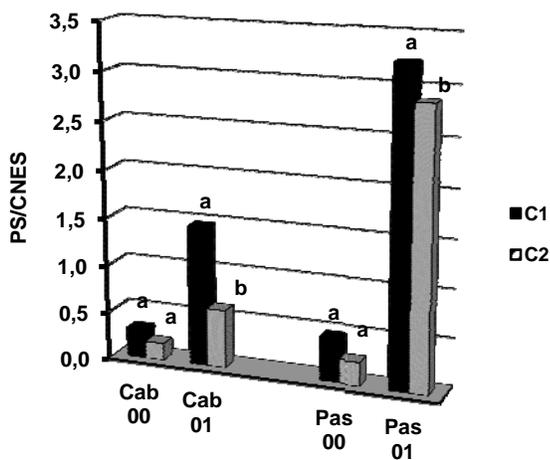


Figura 4.21. Relación PS/CNES en trigo doble propósito por corte para cada año y localidad.

Letras distintas en cada par de columnas comparan cortes dentro de cada localidad y año, difieren significativamente ($P < 0,01$).

4.4.7 Composición mineral de la biomasa forrajera.

Cenizas

El contenido de cenizas totales osciló entre 9,0 y 10,4 %. Si bien dicha variable no tendría significancia nutricional “*per se*” los resultados se presentan a modo ilustrativo.

Para el factor fertilización la interacción de mayor orden en cuanto a la concentración de cenizas fue fertilización x localidad ($P < 0,05$). Como se observa en la figura 4.22, la fertilización nitrogenada no tuvo efecto significativo sobre la concentración de cenizas en el forraje de trigo doble propósito en la localidad de Pasman, mientras en Cabildo las parcelas tratadas tuvieron menor concentración de cenizas que las parcelas control.

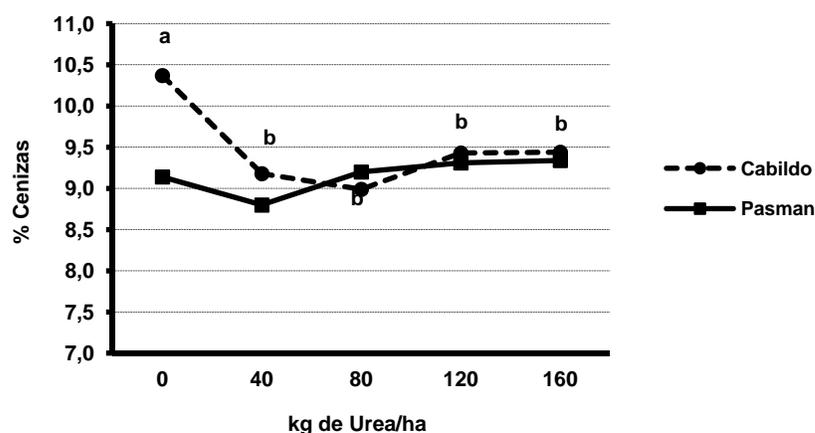


Figura 4.22. Contenido de cenizas para trigo doble propósito con diferentes niveles de fertilización nitrogenada por localidad.

Letras distintas en la misma curva difieren significativamente ($P < 0,05$). EEM = 0,308.

La interacción más importante que involucra al factor corte fue corte x localidad x año ($P < 0,01$), observándose que el C1 fue superior en todos los casos al C2. Si bien el porcentaje promedio de cenizas en el año 2001 fue menor que en el año 2000, las diferencias entre los cortes se mantuvieron en la misma magnitud excepto en Cabildo 2001 (Figura 4.23).

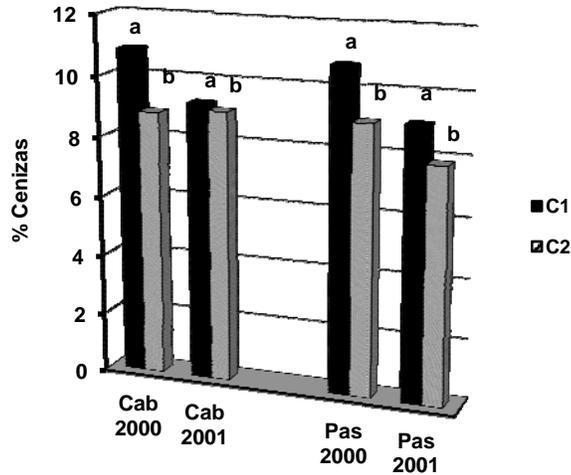


Figura 4.23. Contenido de cenizas en trigo doble propósito por corte para cada localidad y año.

Letras distintas en cada par de columnas comparan cortes dentro de cada localidad y año, difieren significativamente ($P < 0,01$).

Macroelementos minerales

Con respecto a los macrominerales analizados sólo en el K se observó un efecto de la fertilización nitrogenada ($P < 0,05$). La concentración de K se incrementó linealmente ($P < 0,01$) con el aumento de la dosis de fertilización utilizada (Figura 4.24).

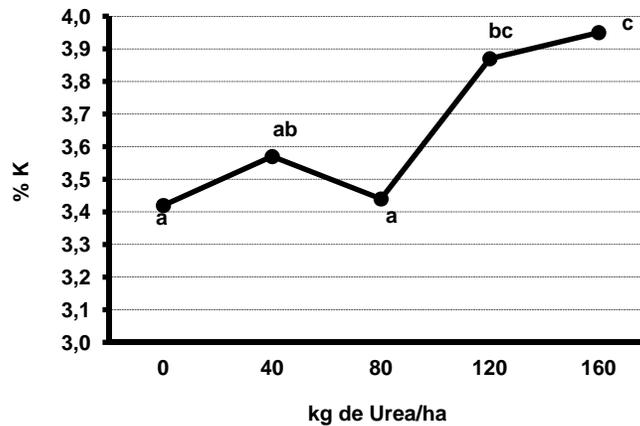


Figura 4.24. Contenido promedio de K en trigo doble propósito con diferentes niveles de fertilización nitrogenada.

Letras distintas en la curva, difieren significativamente ($P < 0,05$). EEM = 0,131.

En general, para los elementos minerales Ca, P, Mg y K se observó que la interacción de mayor orden fue corte x localidad ($P < 0,01$). Estos resultados se presentan en la figura 4.25 (a, b, c y d).

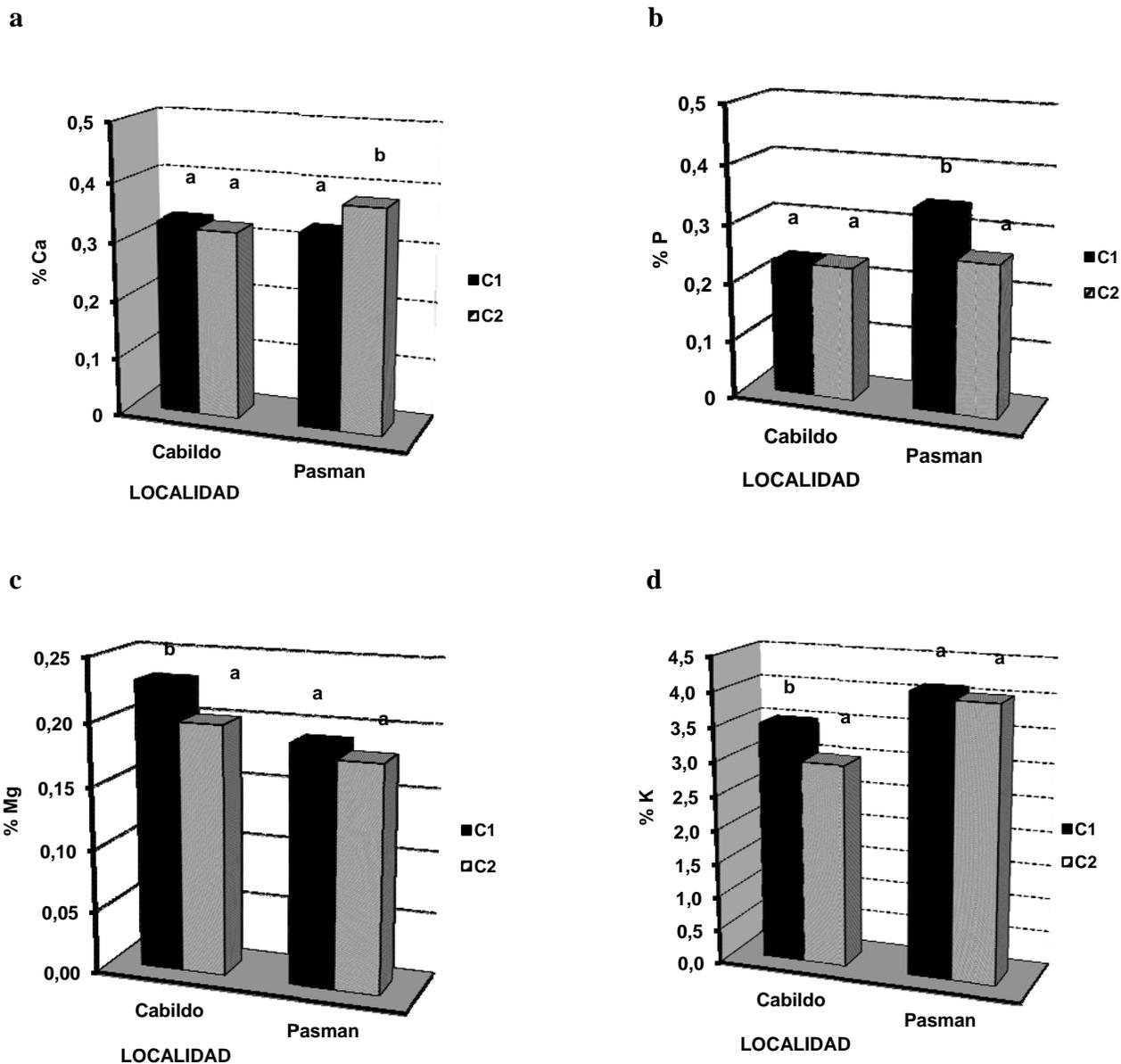


Figura 4.25. Contenido promedio de Ca (a), P (b), Mg (c) y K (d) para trigo doble propósito por corte para cada localidad. ($P < 0,01$).

Letras distintas en cada par de columnas comparan cortes dentro de cada localidad, difieren significativamente ($P < 0,01$).

Se hallaron diferencias en el contenido de P (Figura 4.25.b) observándose en la localidad de Pasman que la concentración del mismo resultó mayor en C1 que en C2. Por el contrario, en K (Figura 4.25.d) esas diferencias entre cortes se registraron en la localidad de Cabildo.

Microelementos minerales

Al igual que para los macrominerales, el factor fertilización no presentó interacciones. El nivel de fertilización nitrogenada tuvo efectos sobre la concentración de Zn ($P < 0,01$) y la concentración de Mn ($P < 0,05$), pero dichas variaciones fueron numéricamente muy pequeñas (Figura 4.26.a.b).

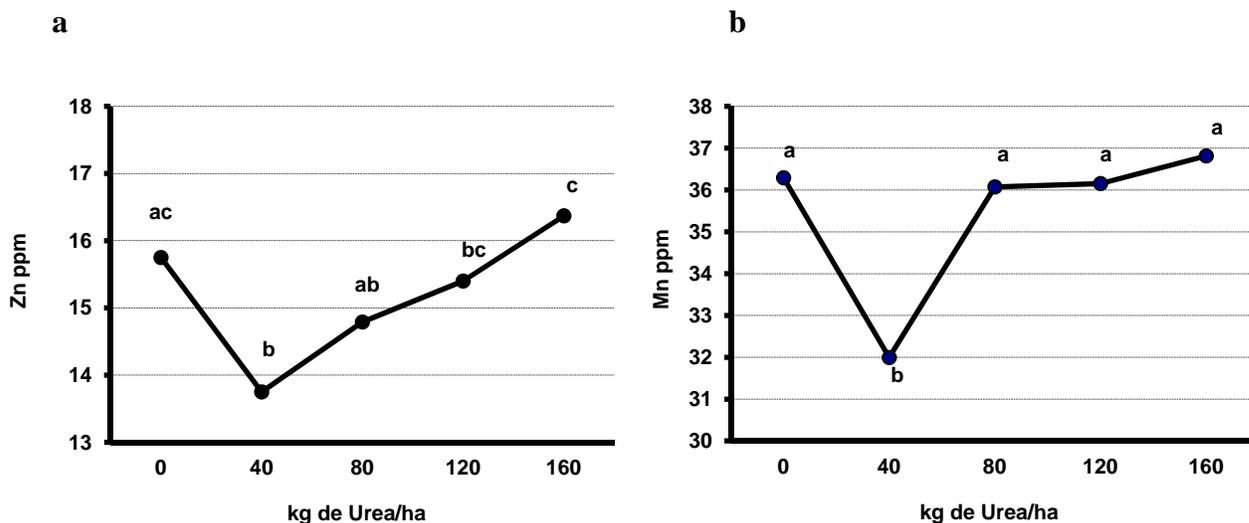


Figura 4.26. Contenido de Zn (a) y Mn (b) en trigo doble propósito con diferentes niveles de fertilización nitrogenada.

Letras distintas en la curva, difieren significativamente. (a) Zn ($P < 0,01$). EEM = 0,496. (b) Mn ($P < 0,05$). EEM = 1,114.

Para los microminerales analizados: Fe, Zn y Mn (Figura 4.27) la interacción significativa de mayor orden involucró al factor corte x localidad ($P<0,01$) y corte x año ($P<0,01$).

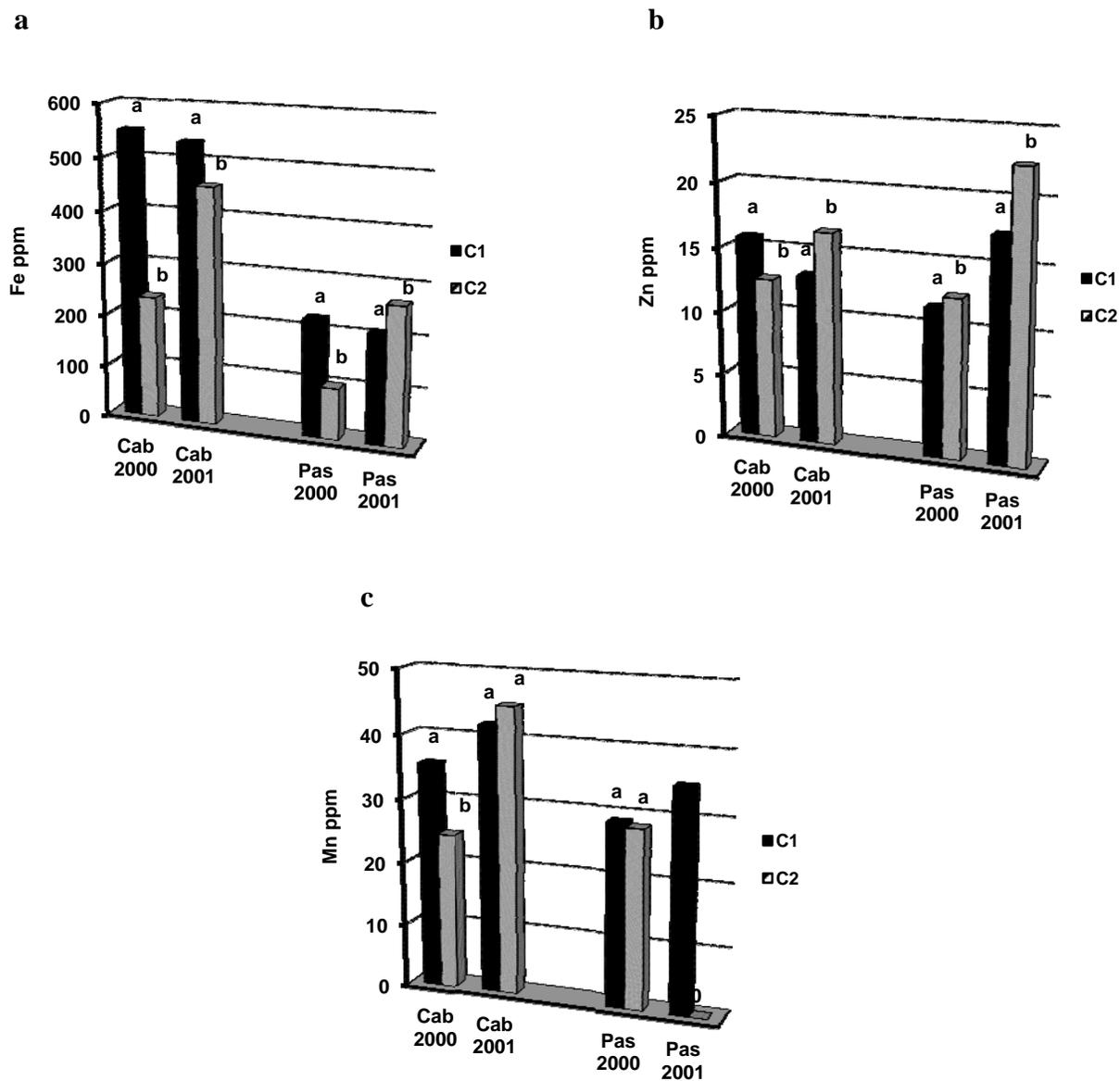


Figura 4.27. Contenido promedio de Fe (a), Zn (b) y Mn (c) en trigo doble propósito por corte para cada localidad y año ($P<0,01$).

Mn=Pasman 2001 C2=S/D.

5.1 Influencia ambiental potencial debida a condiciones edafo-climáticas.

El conocimiento de la cantidad de N disponible (NO_3^-) en las capas superficiales del suelo permite establecer, tal como sucede en otros cultivos, cual será la respuesta productiva a la fertilización nitrogenada en verdeos de invierno (Díaz-Zorita y Trasmonte, 1998).

Los resultados del análisis de suelo realizado a las parcelas donde se llevaron a cabo los ensayos presentaron diferencias tanto entre localidades como entre años, principalmente en los niveles iniciales de NO_3^- . Para el año 2000, Cabildo presentó una concentración de 43,5 ppm y Pasma 85,7 ppm de NO_3^- ; mientras que en el año 2001, fue de 29,2 ppm y 64,5 ppm, respectivamente. Esta diferencia entre localidades podría haber influenciado la respuesta a la fertilización nitrogenada, al menos para algunas de las variables.

La respuesta al agregado de nutrientes no sólo depende del nivel de fertilidad del suelo considerado. Según Díaz-Zorita y Gonella (1995) las reducciones en la temperatura ambiente y en la disponibilidad de agua durante el período de crecimiento condicionan la normal productividad de los verdeos de invierno y los efectos esperables del agregado de nutrientes por fertilización.

Estudios realizados por Quiroga y Ormeño (1997) indican que es necesario disponer entre 180 y 240 mm de agua en el suelo entre los meses de marzo y agosto (período de desarrollo del cultivo) para abastecer satisfactoriamente los requerimientos hídricos de los verdeos de invierno. En las localidades donde se realizaron los ensayos hubo una gran diferencia en cuanto al registro pluviométrico de un año a otro. La localidad de Cabildo presentó los menores registros de lluvias, alcanzando en el primer año de ensayo 170 mm (entre marzo y agosto) y 411 mm en igual período durante el año

2001, mientras que en Pasman las lluvias en el mismo período fueron de 270 mm y 420 mm, respectivamente.

Las tasas de acumulación diaria de MS de los verdeos de invierno se encuentran estrechamente vinculadas con la evolución de la temperatura ambiente durante su período de crecimiento. En los momentos en que la temperatura desciende, el desarrollo de las plantas disminuye hasta volverse prácticamente nulo por debajo de un nivel de temperatura considerado como crítico (Trasmonte, 1997). En nuestro ensayo, si bien las temperaturas se mantuvieron cercanas a los promedios históricos de cada mes, el número de heladas registradas en cada año resultó muy diferentes. En Cabildo se registraron 30 heladas en el primer año mientras que en el segundo año se contabilizaron 13 heladas; en cambio, en Pasman se registraron 55 y 32 heladas, respectivamente.

5.2 Efectos de la fertilización y el ambiente sobre la producción de forraje y grano.

5.2.1 Producción forrajera

La cantidad de biomasa o grano que produce un cultivo puede calcularse como el producto de la cantidad de recursos (agua, nutrientes y radiación) que es capturada y la eficiencia con que estos son convertidos en producto final (Caviglia et al., 2000). Los resultados obtenidos en la región semiárida pampeana muestran que la variabilidad en la producción de MS de los cereales de invierno se relaciona estrechamente con la disponibilidad de agua y N en suelo (Maddonni et al., 1995; Quiroga y Ormeño, 1997).

De acuerdo a los niveles recomendados en la práctica agronómica el contenido de NO_3^- en la capa superficial considerado como adecuado para la producción de forraje y de grano del cultivo de trigo oscila entre 17 y 20 ppm (Fontanetto et al., 2002). Además, a partir de un nivel de 20 ppm la respuesta al agregado de N disminuye (Díaz-Zorita y Trasmonte, 1998). Las concentraciones iniciales de NO_3^- en ambas localidades fueron superiores a estos valores de referencia y mayores en Pasman que en Cabildo. La clara diferencia en la producción de forraje entre las dos localidades en los lotes sin fertilizar, podría asociarse a los diferentes niveles iniciales de NO_3^- en el suelo, aunque las precipitaciones, como promedio de ambos años, también fueron mayores en Pasman. La diferencia en la producción de forraje entre ambos años dentro de cada localidad (menor

en 2001, el año de altas precipitaciones) podría deberse al ataque de enfermedades fúngicas foliares, favorecidas por la mayor humedad ambiente. Aunque subjetivamente, en forma fehaciente en ambos cortes para este año pudo apreciarse la presencia de roya.

En el trabajo de Quiroga y Ormeño (1997) se consideraron 11 lotes agrupados de acuerdo a su nivel de fertilidad inicial y dosis de N aplicado como urea, observando un mayor incremento relativo en la producción de MS en los lotes con menor fertilidad inicial. Sin embargo, aún en los lotes con más de 20 ppm de NO_3^- en el suelo la respuesta a la fertilización con 80 kg de urea/ha fue significativa. Esto coincide parcialmente con nuestro ensayo, en el cual aún en los lotes con mayor fertilidad (85,7 ppm de NO_3^- , Pasmán 2000) se observó una respuesta lineal a la fertilización nitrogenada hasta los 120 kg de urea/ha, lo que obligaría a replantear el umbral real de respuesta.

Pordomingo et al. (2004) obtuvieron un aumento en la producción de MS del 34 % en avena y del 11% en centeno fertilizando con 40 kg de N/ha. Gonella et al. (1999) con 50 kg de N/ha obtuvieron un aumento del 20 a 25 % en la producción total de MS en avena y triticale. En el presente ensayo, los incrementos máximos en la producción debidos a la fertilización fueron 32,5 % y 22,5 % en la localidad de Pasmán, pero en Cabildo los incrementos porcentuales fueron mucho mayores.

La respuesta a la fertilización nitrogenada, como lo señala Amigone (2003), está condicionada también por la disponibilidad de agua. Quiroga et al. (1999), en la evaluación de 42 ensayos (1992-1997), comprobaron que el requerimiento de agua en verdeos de invierno, en el período comprendido entre fines de marzo y agosto, fue del orden de 240 mm, con una eficiencia de producción media de 11 kg de MS/ha por cada mm de lluvia. Quiroga et al. (2002) comprobaron la eficiencia en el uso del agua y fertilización de verdeos de invierno utilizando sitios con diferencias en la capacidad de almacenar agua. El contenido de agua útil varió entre 15 mm y 175 mm en diferentes establecimientos. El contenido inicial de NO_3^- resultó medio a bajo en todos los sitios. En base a este parámetro podría esperarse una buena respuesta a la fertilización con N. Sin embargo, esta respuesta fue limitada por la baja disponibilidad inicial de agua en algunos perfiles de suelo que no posibilitaron cubrir los requerimientos de verdeos de buena

producción. Así, la respuesta a la fertilización con 40 kg de N/ha resultó variable, entre 300 y 1.000 kg de MS/ha.

Las precipitaciones en Pasma 2000 y 2001 y en Cabildo 2001 superaron los requerimientos de agua citados por Quiroga et al. (1999) y las respuestas máximas en la producción de forraje estuvieron entre 800 y 1.500 kg de MS/ha. Sin embargo, en Cabildo 2000, donde las precipitaciones entre marzo y agosto fueron más bajas (172 mm) la respuesta máxima a la fertilización nitrogenada (120 kg de urea/ha) estuvo en el orden de los 1.000 kg de MS/ha, lo cual plantea interrogantes sobre la factibilidad de esta práctica aún en situaciones donde la humedad aparece como limitante.

5.2.2 Producción de grano

Con respecto a la respuesta debida a la fertilización nitrogenada, el rendimiento de grano y el de biomasa forrajera se relacionan significativamente entre sí ($P < 0,0001$). La producción de grano, además, está básicamente regulada por las condiciones meteorológicas (humedad relativa, precipitación y radiación) registradas durante su ciclo evolutivo, lo que normalmente explica la variabilidad entre años (Caviglia et al., 2001).

Diversos trabajos (Cooper et al., 1987; Sinclair y Horie, 1989; Sadras y Roget, 2004; Caviglia et al. 2004) han confirmado que la tasa de crecimiento del cultivo durante el período de desarrollo de espigas está también directamente relacionada con la proporción de radiación solar incidente que es capaz de interceptar el cultivo. En consecuencia, el logro de un alto número de granos por espiga está directamente relacionado con un alto nivel de radiación interceptado por el cultivo durante su período crítico de crecimiento (Caviglia et al., 2000). Por otra parte, Ryan et al. (1997) señalaron un incremento significativo de la biomasa y también de la producción de grano en trigo cuando fertilizaron con 90 kg de N/ha, pero observaron un efecto muy pequeño en la concentración de N en el grano. Fontanetto y Bianchini (2007) coinciden con los autores anteriormente citados, observando una importante respuesta al N, especialmente con las dosis más altas de sus ensayos (N 80), las cuales produjeron un mayor crecimiento de área foliar y mayores rendimientos de grano.

En coincidencia con los autores anteriormente mencionados, en nuestro trabajo, el incremento en la producción de biomasa forrajera al aumentar la dosis de fertilizante nitrogenado también fue acompañado por un aumento de la producción de grano. Si bien en la localidad de Cabildo, las menores precipitaciones registradas parecen haber afectado más la producción de grano que la producción de forraje.

En el ensayo de Bono y Quiroga (2003), si bien los mayores rendimientos en grano de trigo se obtuvieron con la dosis más alta de fertilización (100 kg N/ha), la mayor eficiencia de aprovechamiento fue con la dosis de 50 kg N/ha (13 kg de grano/ha por kg de N aplicado), mientras que para 100 kg N/ha la eficiencia de aprovechamiento fue de 9 kg de grano/ha por kg de N aplicado. Estos valores de eficiencia son similares a los hallados en el presente ensayo. En Cabildo, para la dosis de 73,6 kg de N/ha, la eficiencia fue de 6,5 kg de grano por kg de N/ha, mientras que en Pasmán para la dosis de 55,2 kg de N/ha, la eficiencia fue de 15,6 kg de grano por kg de N/ha.

5.3 Efectos de la fertilización y el ambiente sobre el valor nutricional del verdeo.

Al aumentar la producción total de MS en verdeos de invierno se modifica la relación hoja/tallo del cultivo. Esto mejoraría el valor nutritivo del forraje, dado que las hojas son los componentes de mayor contenido de nutrientes y mayor digestibilidad (Gastal y Nelson, 1994; Marino et al., 1996). Por otra parte, la fertilización con N puede modificar la composición química de la planta, en especial en cuanto a su contenido de proteína y carbohidratos. Incluso, pueden afectarse las proporciones relativas de los mismos, su solubilidad y degradabilidad ruminal (Ferri et al., 2004; Pordomingo et al., 2004).

En términos generales, existe abundante información acerca del impacto de la fertilización sobre el rendimiento de biomasa forrajera. Sin embargo, es mucho menor para parámetros de calidad como concentración de MS y proteína, y realmente escasa para otras variables de valor nutricional, como las estudiadas en el presente trabajo.

5.3.1 Concentración de materia seca.

Independientemente de los factores año y corte, los resultados del presente ensayo sustentan la hipótesis planteada de que dosis crecientes de fertilizante nitrogenado tienden a disminuir la concentración de MS del trigo doble propósito. Sin embargo, esta tendencia podría estar afectada por otros factores, ya que por ejemplo, fue más manifiesta cuando se partió de mayores concentraciones de MS en el tratamiento control. Nuestros hallazgos son coincidentes con los resultados informados en la mayor parte de la bibliografía consultada, con dosis que van entre 50 y 150 kg de N/ha (Díaz-Zorita y Gonella, 1995; Ferri et al., 1996; Díaz-Zorita y Zaniboni, 1996; Méndez et al., 1998; Gonella et al., 1999; Pordomingo et al., 2002; Ferri et al., 2004).

Esta disminución en la concentración de la MS, sobre todo en el caso de altas aplicaciones de N (Díaz-Zorita y Gonella, 1995; Díaz-Zorita y Zaniboni, 1996) podrían impactar negativamente sobre el consumo voluntario de forraje y, en consecuencia, disminuir la productividad de bovinos a pastoreo. Sin embargo, como lo señalan Méndez et al. (1998), estas diferencias en productividad animal pueden deberse no sólo al efecto de la fertilización sobre la concentración de MS del forraje, sino también al efecto de la fertilización nitrogenada sobre la composición química de la MS.

Por otro lado, la respuesta diferencial en la disminución de la concentración de MS ante el incremento de la fertilización nitrogenada en cada localidad, podría asociarse a diferentes niveles de NO_3^- en suelo, tal como fue señalado por Pordomingo et al. (2002). Estos autores no detectaron efectos de la fertilización sobre el porcentaje promedio de MS en verdeos de avena y centeno, para ninguno de los 3 cortes evaluados (mayo, julio y septiembre) y concluyen que ante una oferta inicial no limitante de agua y nutrientes en el suelo (37 ppm de P y 131 kg N- NO_3^- /ha) la fertilización nitrogenada no disminuye la concentración de MS, ni se manifiesta una respuesta adicional en producción forrajera.

Sin embargo, en otro estudio, Pordomingo et al. (2004) señalaron que la aplicación de urea en verdeos de invierno generó una disminución en el contenido de MS al aumentar el nivel de fertilización nitrogenada (0, 45 y 90 kg de urea /ha), en la mayoría de los sitios estudiados. En forma análoga a nuestro trabajo, partiendo de niveles altos de NO_3^- (83,3 ppm) en la capa de 0-20 cm de profundidad del suelo, no existió respuesta a la

fertilización nitrogenada. En contraste, con niveles iniciales de NO_3^- de 38,8 ppm, observaron una disminución en el porcentaje de MS en el primero y segundo corte, también en forma similar a los resultados hallados en este trabajo. Méndez y Davies (2000) tampoco hallaron diferencias en el porcentaje ni en la producción de MS debidas a la fertilización nitrogenada (100 kg de urea/ha) en avena, triticale y raigrás, sobre un suelo con elevados niveles de NO_3^- (85,2 kg de N/ha).

Las diferencias en las precipitaciones iniciales (enero, febrero y marzo) entre las dos localidades (Pasman: 403 mm y Cabildo: 93,4 mm) podrían explicar los menores contenidos de MS en la primera localidad, independientemente de la dosis de fertilizante utilizada.

Los resultados obtenidos en cuanto al incremento en el contenido de MS del corte 2 con respecto al corte 1, nuevamente fueron consistentes con la hipótesis y con la bibliografía consultada (Elizalde y Santini, 1992; Ferri y Stritzler, 1993; Pordomingo et al., 2002). Dichos autores también detectaron contenidos mayores de MS en el segundo corte, en centeno y avena, ambos verdeos con patrones de crecimiento similares al trigo. Pordomingo et al. (2002) mostraron en el primer corte (otoño) los valores más bajos de MS (de 10,4 y 15,7%), mientras que en el segundo y tercer corte los contenidos de MS superaron el 20%. Si bien el incremento en el contenido de MS en el corte 2 de este ensayo fue de menor magnitud (12%), la tendencia resultó similar.

5.3.2 Fracción fibrosa y digestibilidad de la materia seca.

Componentes de la pared celular

Si bien la fertilización nitrogenada tuvo efectos estadísticamente significativos en el contenido de FDN, la disminución porcentual de esta variable fue muy pequeña (rango entre 44,5-46,0 %) y posiblemente estas diferencias no signifiquen cambios de trascendencia en el consumo voluntario de MS. El C2 tuvo un porcentaje de FDN superior al C1 en ambas localidades, pero la diferencia fue menor en Pasman (del orden del 1 %) que en Cabildo (3 %), lo que podría asociarse con la mayor precipitación registrada en Pasman, tal como fue descripto anteriormente. La concentración de FDA tuvo un comportamiento similar a la de FDN, pero el efecto de la fertilización sólo se

verificó en la localidad de Cabildo, donde en el C1 el tratamiento control resultó mayor comparado con los tratamientos de fertilización. Como la interacción de corte x localidad x año fue significativa para FDA, las diferencias entre cortes para cada localidad y año resultaron pequeñas y sólo se evidenciaron en Pasman 2001 y Cabildo 2000, resultando la concentración de FDA mayor en C2.

La lignina es una fracción indigestible de la pared celular debido a la estructura química de sus componentes (Van Soest, 1991). No existen enzimas que puedan degradarla en el tracto gastrointestinal del rumiante (McDonald et al., 1995). En consecuencia el grado de lignificación de la pared celular impacta en la degradación y digestión del forraje. La variación en el contenido de lignina frente al incremento de la dosis de N en Cabildo para el año 2001 parece seguir una tendencia similar a la de la FDA. Al igual que con este parámetro, no se hallaron resultados que relacionen en forma consistente el porcentaje de lignina con la fertilización nitrogenada.

En general, en la bibliografía consultada no se encontró una relación entre fertilización nitrogenada y componentes de la pared celular en verdeos invernales (Mazzanti et al., 1997; Pordomingo et al., 2002, 2004; Ferri et al., 2004; Bolletta et al., 2007). En los ensayos que trabajaron hasta estadios de crecimiento más avanzado del vegetal, se observó un incremento en la proporción de FDN y FDA únicamente debido al avance de la madurez, independientemente de los niveles de fertilización utilizados (Pordomingo et al., 2002; Bolletta et al., 2007).

La ausencia de respuesta a la fertilización nitrogenada sobre la concentración de la pared celular también se comprobó en especies anuales de ciclo de verano como mijo y moha (Viviani Rossi et al., 1996; Bolletta et al., 2006) y en cebadilla (*Bromus spp.*) Messman et al. (1991).

Los pequeños o inconsistentes efectos de la fertilización nitrogenada sobre los componentes de la pared celular reportados en este trabajo son similares a los presentados en casi toda la bibliografía consultada. Excepcionalmente, y en contraste con los resultados obtenidos, Johnson et al. (2001) encontraron que al incrementar el nivel de fertilización nitrogenada (0, 39, 78, 118 y 157 kg N/ha), la FDN disminuyó linealmente

($P < 0,01$), en tres especies forrajeras tropicales: *Cynodon dactylon*, *Cynodon nlemfuensis* y *Paspalum notatum*.

Coincidiendo parcialmente con nuestros resultados en la variable FDA, Malhi et al. (2003) también hallaron pequeños efectos de la fertilización sobre el porcentaje de FDA en uno de los cortes estudiados en *Elytrigia repens* (de 37,2 a 35,3 % con 168 kg de N/ha), mientras que Zhang et al. (1995) en *Lolium multiflorum* encontraron efectos de la fertilización nitrogenada (224 kg de N/ha) sobre los % de FDN y FDA (de 44,2 a 38,6 % en FDN y de 31,9 a 25,7 % en FDA). En este último caso, si bien los efectos fueron muy significativos, la dosis utilizada en la fertilización fue muy alta en comparación con las dosis usuales en verdeos.

Aparentemente, el impacto de la fertilización sobre los componentes de la fibra es también dependiente de la especie vegetal y parece de mayor trascendencia en forrajeras C4. Los resultados hallados en las concentraciones de FDN, FDA y lignina en el forraje de trigo doble propósito, no respaldan la hipótesis de trabajo de que la fertilización nitrogenada tendría mayor influencia sobre el contenido de pared celular que el avance de madurez de la planta.

Digestibilidad de la materia seca

Contrariamente a nuestra hipótesis de trabajo, la fertilización nitrogenada no modificó la DMS estimada de trigo doble propósito, y estos resultados coinciden con la bibliografía consultada (Larrea et al., 1984; Elizalde y Santini, 1992; Díaz-Zorita y Trasmonte, 1998; Pordomingo et al., 2002; Ferri et al., 2004). Debe destacarse que en los trabajos citados se utilizó la técnica de Tilley y Terry (1963), en lugar de una estimación a partir de la ecuación de Mertens (Mertens, 1977).

La DMS se diferenció entre cortes, siendo el C1 superior al C2 solamente en Cabildo 2000 y Pasma 2001. Aún estas diferencias, aunque significativas, carecen de relevancia biológica y esto puede deberse a la similitud en el estado fisiológico de las plantas observadas para ambos cortes. Los trabajos en los cuales se detectaron diferencias en la digestibilidad *in vitro* de la MS consideraron estadios fisiológicos de crecimiento más avanzados en los cortes segundo y tercero (Díaz-Zorita y Trasmonte, 1998).

En forma coincidente con nuestro trabajo, Mazzanti et al. (1997) hallaron en sus ensayos que la DMS no se modificó significativamente por efecto de la fertilización nitrogenada en avena y las diferencias observadas entre niveles de fertilización para raigrás anual fueron de baja magnitud. Igual apreciación observaron Pordomingo et al. (2002) y Ferri et al. (2004) en avena y centeno. En especies anuales de ciclo C4 los efectos de la fertilización con N tampoco parecen afectar la DIVMS. Así, Bolletta et al. (2005) no encontraron diferencias significativas en moha debidas a la fertilización con N entre cortes, mientras que en mijo sólo presentó efecto entre el control no fertilizado y fertilizado en el corte más temprano. En festuca, Brizuela et al. (1996) tampoco hallaron que la fertilización nitrogenada “*per se*”, al nivel de 150 kg urea/ha, afecte la DIVMS, la cual sí disminuyó con el cambio de estado vegetativo a reproductivo.

5.3.3 Fracciones nitrogenadas y carbohidratos solubles.

Proteína bruta y soluble

En general, las concentraciones de PB de verdeos de invierno deberían cubrir los requerimientos de bovinos en crecimiento (NRC, 1996). Más aún, los altos contenidos de PB hallados en algunos casos pueden impactar negativamente sobre la productividad animal. Este aspecto está relacionado con el llamado “costo de la urea” que representa un incremento en el gasto energético para la detoxificación del NH_4^+ absorbido del rumen y procesado a nivel hepático (McDonald et al., 1995). La fertilización nitrogenada aumenta el contenido de PB en los forrajes, pudiendo magnificar este impacto.

En este experimento la respuesta a la fertilización nitrogenada en la concentración de PB en el trigo doble propósito se diferenció entre años. Esto puede deberse en parte a la variación en precipitaciones. En 2000 las lluvias fueron escasas comparadas con el promedio histórico de cada localidad (principalmente en Cabildo, 388 mm), mientras que en 2001 las precipitaciones superaron este promedio (Cabildo: 916 mm, Pasman: 1.066 mm). Considerando únicamente ambas localidades, la concentración de PB en las parcelas control en el año 2000 promediaron 18 % de PB, mientras que en el año 2001 fue de 21 % de PB. Se observó una tendencia lineal ascendente cuando se partió de menores niveles de PB, como fue en el primer año, mientras que para el año 2001 sólo en las dosis

mayores de fertilización (120 y 160 kg de urea/ha) se registró un aumento en el contenido de PB.

A la luz de nuestros resultados, y en contraste con lo sucedido con MS, las diferencias en los niveles iniciales de NO_3^- en el suelo en ambas localidades no fueron suficientes como para producir una interacción estadísticamente significativa fertilización x localidad.

Si bien en nuestro trabajo la fertilización nitrogenada incrementó la PB en ambos cortes de forraje, el contenido de PB en C1 fue mayor que C2. Dichos resultados son esperables de acuerdo con la bibliografía que sostiene que durante el otoño, en el estadio de crecimiento temprano del vegetal, se incrementa la absorción de N, aumentando en consecuencia el contenido de PB (Elizalde y Santini, 1992; Tisdale et al., 1993; Gastal y Nelson, 1994; Díaz Zorita et al., 1995).

De esta manera, diferentes trabajos de investigación en verdeos coinciden en que la fertilización nitrogenada incrementa el contenido de PB en el forraje. Así, Pordomingo et al. (2002) detectaron un efecto significativo en el contenido de PB en verdeos de invierno en el primer corte, en respuesta al tratamiento fertilizado con N. Esta diferencia se diluyó en los cortes posteriores. Para Ferri et al. (2000) la concentración de N total también en verdeos de invierno fue incrementada por la fertilización en los dos cortes, resultando menor en primavera que en el corte de invierno. En el trabajo de Méndez et al. (1998) el agregado de N a la siembra elevó de 18 a 24 % el contenido de PB de avena en un primer pastoreo, con una tendencia similar en triticale.

Pordomingo et al. (2004) sostuvieron que el contenido de PB fue elevado en los 2 primeros cortes, y similar entre distintas especies de gramíneas y variedades de especies invernales utilizadas. En un tercer corte se obtuvieron los valores más bajos de PB y en este caso se detectaron diferencias en la concentración de PB entre las especies evaluadas.

A pesar de que el contenido de PB es una variable generalmente afectada por la fertilización nitrogenada, la magnitud de este impacto depende de la disponibilidad de agua en el suelo, así como del estado de madurez de la planta al momento de corte. En referencia a este aspecto, Bolletta et al. (2007) no hallaron efectos de la fertilización nitrogenada sobre el porcentaje de PB en *Avena sativa*, lo que probablemente estuvo

relacionado con las bajas precipitaciones durante el período de estudio (318 mm; 60% del promedio histórico), a diferencia del presente ensayo en el año 2000 aún con bajas precipitaciones.

El efecto de la fertilización nitrogenada sobre PB se evidencia no sólo en verdeos de invierno, sino también en verdeos de verano y otras especies. Bolletta et al. (2005) trabajaron en verdeos de verano (mijo y moha) analizando el contenido de PB, el cual fue mayor en las parcelas fertilizadas (50 kg de urea/ha) que en las que no recibieron fertilización. En otra experiencia, Bolletta et al., (2006) evaluaron el porcentaje de PB sobre los mismos verdeos de verano, pero con tres niveles de fertilización (0, 30 y 60 kg de N /ha) obteniendo nuevamente una respuesta positiva a la fertilización nitrogenada durante etapas previas al panojamiento. Similares tendencias se hallaron en *Festuca arundinacea* (Brizuela et al., 1996) y en pasto clavel (*Hemarthria altissima*), donde también se produjo un aumento en la producción de MS (Candotti et al., 2001).

A diferencia de lo ocurrido con la PB, en nuestro ensayo se observó una interacción estadísticamente muy significativa entre fertilización y corte para PS. Como ya fue señalado previamente, el contenido de PS guardó relación con el porcentaje de PB en cuanto a los cortes, ya que en el C1 fue mayor que en el C2. El mayor efecto de la fertilización en el C1 es coincidente con lo hallado por Méndez et al. (1998) en avena, con un aumento del 8 a 11 % en la PS en el primer corte al fertilizar con N a la siembra.

Al analizar la interacción que surgió entre fertilización nitrogenada y momento de corte, en el C1 se observó un incremento lineal de la PS con el aumento de las dosis de la misma, mientras que para el C2 sólo hubo una respuesta de la PS a las dosis mayores de N (120 y 160 kg de urea/ha). Esto parece indicar una mayor capacidad de respuesta a la fertilización nitrogenada en estadios fenológicos más tempranos de los verdeos, en oposición a lo planteado en la hipótesis de este ensayo.

En el año 2001, el porcentaje de PS fue mayor que en el 2000, pero esta diferencia se detectó solamente en la localidad de Pasma. Así, en este caso se puede observar una asociación positiva entre nivel de precipitaciones y el % de PS.

Carbohidratos no estructurales y su relación con la proteína

Los CNES representan una fuente de energía rápidamente disponible a nivel ruminal y, aunque en forrajes son relativamente bajos, junto con la PB juegan un rol nutricional importante, con impacto en la producción animal (Van Soest, 1991). La variación ocurrida en estas dos determinaciones en el transcurso del crecimiento del forraje podrían ser atribuidas al ciclo del N en el suelo y al mecanismo de absorción del mismo por parte del vegetal. En el primer corte los niveles de N mineral disponibles en el suelo para ser absorbidos son mayores a los presentes en los cortes sucesivos. Contrariamente, la producción de CNES estaría reducida en los primeros cortes debida a la disminución de la fotosíntesis por una menor radiación interceptada por los vegetales (Marino et al., 1996).

Para el contenido de CNES los resultados fueron muy dispares, principalmente entre los años 2000 y 2001, efecto que posiblemente esté relacionado con la diferencia en las precipitaciones y el número de heladas de un año a otro, lo que provocó en el año 2000 un desarrollo (de los trigos y verdes en general) escaso y con gran cantidad de material seco. Si bien como se presenta en la bibliografía, el porcentaje de CNES en el C2 es mayor que en el C1, en nuestro ensayo esta diferencia no se observó en todas las combinaciones de año por localidad. Los CNES no tuvieron una disminución marcada ante el aumento de la dosis de N, exceptuando Cabildo 2000, donde se produjeron las menores a precipitaciones. Sólo en esta situación, pudo observarse una tendencia similar a la informada por Marino et al. (1995) en verdes de invierno y Mazzanti et al. (1997) en avena y raigrás anual, quienes sostienen que a medida que la fertilización nitrogenada incrementa linealmente la concentración de N en el forraje, el contenido de CNES disminuye en forma significativa.

Otros autores que concuerdan con los anteriormente citados son Binnie et al. (2001), Pordomingo et al. (2004) y Ferri et al. (2004) quienes hallaron que el incremento de la dosis de urea produjo una disminución del contenido de CNES en todos los cortes. Méndez y Davies (2000), en cambio, hallaron que la fertilización nitrogenada (50 kg de N/ha) en avena disminuyó los CNES sólo en el primer corte (de 11 a 7,5%).

Pordomingo et al. (2002) han destacado la importancia de la fracción de CNES y el contenido de N total en la evaluación del potencial productivo de verdes de invierno. El contenido de CNES crece con el transcurso del periodo vegetativo (Elizalde et al., 1994, 1996; Méndez et al., 1998; Pordomingo et al., 2002), pero la especie, variedades y estrategias de fertilización constituyen herramientas para manipular la expresión de la calidad a través del tiempo. Por otro lado, los regímenes hídricos y térmicos, y la calidad del suelo interactúan con la respuesta de la planta, por lo que la información generada en un sitio requiere ser validada en otros diferentes.

Una adecuada relación PB/CNES en la dieta de los rumiantes es un aspecto que impacta sobre la eficiencia de síntesis de la proteína microbiana y la cantidad de NH_3 ruminal que se excreta finalmente como urea (Méndez y Davies, 2000). Elizalde y Santini (1992) sostienen que el desbalance de ambos, junto con el bajo contenido de MS de los verdes de invierno, son los responsables de las bajas ganancias otoñales.

En la mayoría de la bibliografía consultada (Peyraud y Astigarraga, 1998; Ferri et al., 2000, 2004; Pordomingo et al., 2004) la fertilización nitrogenada elevó la relación PB/CNES en verdes de invierno, debido al doble efecto de aumentar la PB y disminuir los CNES.

Por otro lado, Méndez y Davies (1998) encontraron que el agregado de N a la siembra en avena elevó de 8 a 11% la PS mientras que disminuyó de 11 a 7,5 % los CNES en el primer corte, generando una relación PS/CNES igual a 0,72 (sin N) versus 1,46 (con N). La relación PS/CNES en nuestro trabajo presentó una tendencia similar, ya que el tratamiento control tuvo una relación de 1,04 versus 1,36 en la dosis mayor (160 kg de urea/ha), mientras que la relación PB/CNES sólo fue afectada por la fertilización nitrogenada a partir de los 120 kg de urea/ha, de 2,50 versus 3,06 en la dosis mayor.

Estos resultados coinciden con nuestra hipótesis, confirmando un aumento de la relación PB/CNES y PS/CNES debido al incremento de la fertilización nitrogenada, efecto que se mantiene durante el transcurso del uso forrajero del TDP. Las relaciones PB/CNES y PS/CNES, en el C1 fueron más elevadas que en el C2. La diferencia verificada en ambas relaciones entre los años 2000 y 2001 es, probablemente, debida más a la variación en el porcentaje de CNES que a la de PB o PS. Esto coincide con

Pordomingo et al. (2002) que, en verdeos de invierno, hallaron un efecto corte. La relación PB/CNES fue más amplia en el primer corte, disminuyendo dicha relación en el segundo y tercer corte por el aumento del porcentaje de CNES y la disminución de PB. Cabe destacar que estos autores no observaron efectos de la fertilización sobre la relación PB/CNES.

5.3.4 Concentración de elementos minerales.

El contenido de K fue incrementado por la fertilización nitrogenada. Aún en el tratamiento control el contenido de K excede los requerimientos nutricionales de los bovinos para carne (NRC, 1996). Por otra parte, se ha demostrado que los incrementos en la concentración de K, similares a los hallados en nuestro ensayo, pueden reducir la absorción de Mg (Greene et al., 1983), constituyendo un factor de riesgo en el desencadenamiento de la hipomagnesemia en vacas de cría (Underwood y Suttle, 1999). Por lo tanto, cualquier aspecto que incremente la concentración de K, como por ejemplo la fertilización nitrogenada, debe ser tenido en cuenta si estos verdeos son pastoreados por categorías de animales susceptibles a esta enfermedad metabólica. Por otro lado, tal como fue discutido, la fertilización nitrogenada incrementa la concentración de PB en los forrajes, lo que a su vez se traduce en un aumento del NH_4^+ , el cual ha sido señalado como un factor que también puede disminuir, aunque transitoriamente, la absorción de Mg a través del epitelio ruminal (Underwood y Suttle, 1999).

Los niveles de Ca, P y Mg no fueron afectados por la fertilización nitrogenada. Los valores encontrados en TDP cubren los requerimientos de bovinos en crecimiento (NRC, 1996) y están dentro de rangos equivalentes a los reportados para verdeos invernales (Jaurena y Danelón, 2006).

Las diferencias en el contenido de P entre cortes halladas en el forraje para la localidad de Pasma obedecen probablemente a la mayor proporción de biomasa generada por las mayores precipitaciones ocurridas en dicha localidad. Esto estaría relacionado con la disminución de este mineral a medida que la planta avanza hacia la madurez (McDowell, 1992; Underwood y Suttle, 1999). Probablemente, estas diferencias se manifestaron en Pasma y no en Cabildo porque los niveles de P iniciales en planta en

Cabildo fueron inferiores desde el C1. Inversamente a lo ocurrido con el P, el Ca aumentó en el C2 en la localidad de Pasman, lo cual no guarda relación con los cambios esperables durante el desarrollo de las gramíneas (Underwood y Suttle, 1999).

La fertilización nitrogenada no afectó el contenido de microelementos minerales o lo hizo de una manera inconsistente. Los niveles de Fe encontrados en nuestro trabajo superan ampliamente los requerimientos (50 ppm) señalados por el NRC (1996) para bovinos en crecimiento, principalmente los hallados en C1 en la localidad de Cabildo durante los dos años. Debido a los posibles efectos negativos del Fe sobre la absorción de Cu, sería necesario conocer la concentración de este último, ya que según Underwood y Suttle (1999) relaciones Fe:Cu (ppm) superiores a 50:1 ó 100:1 indican riesgo marginal o elevado, respectivamente, de deficiencia secundaria de Cu. El equipamiento utilizado no mostró niveles de Cu detectables. Los mayores niveles de Fe en forraje en la localidad de Cabildo podrían deberse, al menos en parte, a niveles elevados de Fe en suelo. Las diferencias de Fe a favor del C1 en 3 de las 4 combinaciones localidad x año podrían estar indicando alguna influencia debida al estado fenológico.

De acuerdo a la tendencia de los resultados no puede extraerse una conclusión definitiva acerca de los efectos de la fertilización ni del corte sobre la concentración de Zn en TDP. Por otro lado, los niveles de Zn en todos los grupos estuvieron por debajo de los requerimientos de 30 ppm recomendados por el NRC (1996) para bovinos en crecimiento.

Al igual que con el Zn, los resultados hallados tampoco permiten obtener conclusiones claras acerca del efecto de la fertilización nitrogenada ni del corte sobre la concentración de Mn. Cabe señalar que las concentraciones halladas en todos los casos superan los requerimientos de animales en crecimiento (20 ppm), según el NRC (1996), aunque en la mayoría de ellos están por debajo de los 40 ppm recomendados para vacas de cría.

CONCLUSIONES E IMPLICANCIAS

El trabajo mostró para las variables estudiadas interacciones importantes entre los factores fertilización, corte, localidad y año. Sin embargo, es posible extraer las siguientes conclusiones:

Aún con concentraciones de nitratos en suelo que superarían niveles óptimos parece haber una respuesta general a la fertilización nitrogenada. De esta manera el N incrementó la producción de forraje y de grano en trigo doble propósito. Sin embargo en situaciones de baja precipitación la respuesta al N en la producción de grano parece ser menor que la respuesta en la producción de forraje.

La fertilización nitrogenada parece disminuir la concentración de materia seca del forraje y la magnitud de la misma dependerá de condiciones ambientales. La concentración de MS en la fase pastoril debería controlarse dado que una disminución por debajo de valores de 20% de MS pueden afectar negativamente el consumo voluntario en bovinos a pastoreo, lo que se vería reflejado en la productividad animal. En consecuencia, la fertilización nitrogenada debería estar ligada a estrategias de diferimiento de utilización del pasto o suplementación, de manera de atenuar y/o balancear estos posibles efectos.

Algunos de los parámetros de calidad nutricional del forraje de trigo doble propósito, también se ven afectados por la fertilización nitrogenada, mientras que otros no son modificados. Probablemente relacionado con la escasa madurez que logra el trigo doble propósito en la etapa forrajera, los efectos sobre la digestibilidad de la materia seca y los componentes de la pared celular son de escasa significación nutricional.

Altos niveles de fertilización nitrogenada incrementan la relación proteína soluble/carbohidratos no estructurales solubles en trigos doble propósito, lo que refuerza la necesidad de algún tipo de suplementación energética para balancear las dietas de bovinos sobre este tipo de forrajes.

El incremento en el contenido de K resume el principal efecto de la fertilización nitrogenada con respecto a las variaciones en el contenido de minerales esenciales. Esta es una observación de importancia dado que al incrementarse la relación $K / Ca+Mg$ podría inducirse una deficiencia condicionada de Mg, con aparición de hipomagnesemia en categorías bovinas susceptibles.

Teniendo en cuenta las observaciones de potenciales riesgos nutricionales, el manejo adecuado de la fertilización nitrogenada permitiría incrementar potencialmente la respuesta económica por unidad de superficie, optimizando la producción de forraje, carga animal y producción de grano simultáneamente.

BIBLIOGRAFÍA

Adb, E.L.; Hakem, Y.A. 1996. Management of nitrogen fertilization for wheat in sandy calcareous soil. *Assiut Journal of Agricultural Science* 27:157-168.

Abou Salama, A.M.; Teama, E.A.; Allan, A.Y. 1995. Gradual application of nitrogen fertilization to wheat under sandy soil conditions. *Assiut Journal of Agricultural Science* 26:1-8.

Amigone, M. 2003. Verdeos de invierno. Sugerencias para la correcta elección de cultivares, implantación y aprovechamiento. Información para extensión. N° 22. INTA EEA-Marcos Juárez. 8 p.

Amigone, M.; Kloster, A.M.; Latimori, N.J. 1995. Algunos factores que afectan el rendimiento de cereales forrajeros invernales. Información para extensión N° 18. INTA EEA-Marcos Juárez. 13 p.

Arelovich, H.M.; Laborde, H. 2002. Desarrollo y evaluación de estrategias de alimentación bovina de aplicación regional. Actas de la II Jornadas Interdisciplinarias del SO Bonaerense, 6-8 de junio de 2002, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca. EDIUNS, Tomo III:55-69.

Arelovich, H.; Amela, M.; Torrea, M.; Laborde, H.; Martinez, M. 2003. Diferentes fuentes de Zn en el suplemento proteico en ovinos alimentados con un forraje de baja calidad. 1. Consumo y digestibilidad. *Revista Argentina de Producción Animal* 23 (supl.1):88-89.

Arelovich, H.; Laborde, H.; Arzadún, M.; Vasquez, M. 2004. Influence of hay quality and pasture location on performanc of beef cattle grazing oats. *Spanish Journal Agricultural Research* 2:53-61.

Arzadún, M.J. 1988. Curvas de producción de verdeos de invierno. XIII° Congreso Argentino de producción Animal. *Revista Argentina de Producción Animal* 8 (Supl.1):91-92.

Arzadún, M.J.; Arroquy, J.I.; Laborde, H.E. 1998. Producción de carne y grano en trigo doble propósito según intensidad de pastoreo. Actas IV° Congreso Nacional de Trigo, Mar del Plata, Noviembre 1998. 3p.

Arzadún, M.J.; Vallejos, M.H.; Piersanti M.M. 1997. Effect of frecuency and intensity of defoliation on oat: vetch mixture. XVIII International Grassland Congress, Winnipeg-Saskatoon, Canadá. Julio 1997. Proceedings (v 2):137-138.

Arroquy, J.I. 2000. Producción de forraje y grano de trigo (*Triticum aestivum* L.): efecto de la fecha de siembra, la intensidad de defoliación y la variedad. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina, 120 p.

Association of Official Analytical Chemists. 2000. Official methods of analyses A.O.A.C. Washington DC. (17th edition).

Berardo, A. 1994. Aspectos generales de fertilización y manejo de trigo en el área de influencia de la EEA Balcarce. Boletín Técnico N° 128 EEA Balcarce, INTA. 34 p.

Binnie, R.C.; Mayne, C.S.; Laidlaw, A.S. 2001. The effects of rate and timing of application of fertiliser nitrogen in late summer on herbage mass and chemical composition of perennial ryegrass swards over the winter period in Northern Ireland. *Grass Forage Science* 56:46-56.

Bolletta, A.; Larrea, D.; Lagrange, S. 2005. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción acumulada y calidad del forraje de verdeos de verano. XXVIII Congreso Argentino de Producción Animal en Bahía Blanca, 19-21 de Octubre de 2005.

Bolletta, A.; Larrea, D.; Dupouy, M.; Tulesi, M. 2006. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de materia seca y calidad en mijo y moha. XXIX Congreso Argentino de Producción Animal en Mar del Plata, 18-20 de Octubre de 2006.

Bolletta, A.; Lagrange, S.; Tulesi, M.; Dupouy, M. 2007. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción forraje y calidad en avena sativa. XXX Congreso Argentino de Producción Animal en la ciudad de Santiago del Estero, 3-5 de Octubre de 2007.

Bono, A.; Montoya, J.C.; Lescano, L.; Babinec, F.J. 1997. Fertilización del trigo con nitrógeno y fósforo en la región semiárida pampeana. Publicación Técnica N° 47. EEA INTA Anguil. 21 p.

Bono, A.; Quiroga, A. 2003. Avances en el ajuste de la fertilidad en el cultivo de trigo en la región semiárida y subhúmeda pampeana. *Trigo Actualización* 2003 capítulo 3:17-23. EEA INTA Anguil.

Bono, A.; Quiroga, A.; Jouli, R.; Corro Molas, A. 2004. Estrategias para el manejo de la fertilidad en suelos de la región semiárida pampeana. *Trigo Actualización* 2004. Boletín Técnico. N° 83:29-33. EEA INTA Anguil.

Bray, R.H.; Kurtz, L.T. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorous in soils. *Soil Sciences*. 59:39-45.

Bremner, J.M.; Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen total. En: Methods of soil analysis. Part 2. Eds. A.L. Page, R. H. Miller y D.R. Keeney, 595-624. American Society of Agronomy, Madison. USA.

Bremner, J.M.; Breitenbeck, G.A. 1983. A simple method for determination of ammonium in semimicro-Kjeldahl analysis of soils and plant materials using a block digester. *Commun Soil Science Plant Analysis* 14:905-913.

Brizuela, M.A.; Tempone, L.B.; Cid, M.S.; Fay, P.J.; Cendoya, M.G. 1996. Efecto de fertilización y estado de desarrollo sobre el valor nutritivo de dos cultivares de Festuca. INTA Balcarce. 3 p.

Candotti, J.J.; Berti, R.N. 2001. Efecto de la fertilización nitrogenada y el momento de corte en la producción y el valor nutritivo de Gatton panic (*Panicum maximun*) para henificar. *Revista Argentina de Producción Animal* 21:78-79.

Caviglia, O.P.; Melchiori, R.J.; Paparotti, O.F. 2004. Vínculos entre la eficiencia en el uso del nitrógeno, el agua y la radiación en trigo. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná, 22 al 25 de Junio de 2004. 227 p.

Caviglia, O.P.; Paparotti, O.F.; Anthonloz Blanc, D.; Adrián, M.L.L. 2000. Monitoreo de la nutrición nitrogenada en el cultivo de trigo a través de la medición de un índice de verdor en hojas. Actualización técnica en trigo. INTA. EEA. Paraná Serie Extensión N° 18:64-67.

Caviglia, O.P.; Sadras, V.O. 2001. Effect of nitrogen supply on crop conductance, water- and radiation- use efficiency of wheat. *Field Crops Research*. 69:259-266.

Caviglia, O.P.; Sadras, V.O.; Andrade, F.H. 2004. Intensification of agriculture in the south-eastern Pampas. I. Capture and efficiency in the use of water and radiation in double-cropped wheat soybean. *Field Crops Reserarch*.

Cherney, J.H.; Marten, G.C. 1982. Small grain Crop Forag Potential: I Biological and chemical determinants of quality, and yield. *Crop Science* 22:227-231.

Coscia, A.A. 1967. Economía de los cereales de doble propósito. Informe Técnico N° 57. EEA-INTA Pergamino. 16 p.

Cooper, P.J.; Gregory, P.J.; Tully, D.; Harris, H.C. 1987. Improving water use efficiency of annual crops in the rainfed farming systems of West Asia and North Africa. *Experimental Agriculture* 23:113-158.

Croy, L. I. 1984. Variety and species effects on forage quantity, forage quality and animal performance. National Wheat Pasture Symposium Proceedings. Divison of Agriculture. Oklahoma State University. MP-115:23-34.

- Cuomo, G.J.; Anderson, B.E. 1996. Fertilización nitrogenada y efectos de la quema sobre la degradación de proteína ruminal y valor nutritivo de pastizales naturales. *Journal Agronomy* 88:439-442.
- Dalrymple, R.L. 1995. Rotational grazing of small grain pasture. Oklahoma Extension Service. Volumen 7, N° 19.
- Darwich, N. 1989. Manual de fertilidad de suelos y uso de fertilizantes. Agar Cross. 182 p.
- Das, K.; Guha, B.; Das, S.Y. 1994. Response of wheat varieties to nitrogen fertilization under rainfed conditions. *Journal of Agricultural Sciences Society of North East. India* 7:182-183.
- Davidson, J.L. 1995. Breeding wheat for association with pastures: an Australian experience. In: *Proceeding of the International Workshop on Facultative and Double Purpose Wheat*. INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay 165-483.
- Delgado, I. 1989. Incidencia del despunte invernal sobre la producción de grano de los cereales de invierno en regadío. *Investigación Agraria*. N° 4.
- Diaz-Rosello, R.; Leguisamo, N.; Urchipia, A. 1993. Pastoreo de Trigo. Revisión bibliográfica. Serie técnica N° 36. INIA, Montevideo, Uruguay.
- Diaz-Zorita, M.; Gonella C. 1995. Fertilización nitrogenada en verdeos de invierno en la región noroeste bonaerense. I. Producción primaria neta. *Revista Argentina de Producción Animal* 15:216-218.
- Diaz-Zorita, M.; Trasmonte, D. 1997. Uso de urea y producción de centeno. *Revista Argentina de Producción Animal* 17:117-118.
- Diaz-Zorita, M.; Trasmonte, D. 1998. Fertilización de verdeos de invierno en la región de la pampa arenosa. *Publicación técnica N° 24 EEA - INTA General Villegas*. 19 p.
- Diaz-Zorita, M.; Zaniboni, M. 1996. Fertilización nitrogenada de triticale en la región noroeste bonaerense. *Revista Argentina de Producción Animal* 16:178-179.
- Dunphy, D.J.; McDaniel, M.E.; Holt, E.C. 1982. Effect of forage utilization on wheat grain yield. *Crop Science* 22:106-109.
- Dunphy, D.J.; Holt, E.C.; Mc Daniel, M.E. 1984. Leaf area and dry matter accumulation of wheat following forage removal. *Agronomy Journal*. 76:871-874.
- Duarte, G. 1999. Manejo del agua y fertilización del cultivo. CREA. Cuaderno de Actualización de Girasol N° 62:22-32.

Elizalde, J.C.; Santini, F.J. 1992. Factores nutricionales que limitan las bajas ganancias de peso en bovinos en el periodo otoño-invierno. Boletín Técnico N° 104. SAGyP. EEA INTA Balcarce.

Elizalde, J.C.; Santini, F.J.; Pasinato A. 1994. The effect of stage of harvest on the process of digestion in cattle fed winter oats indoors. I. Digestion of organic matter, neutral detergent fiber and water-soluble carbohydrates. *Animal Feed Science and Technology* 47:201-211.

Elizalde, J.C.; Santini, F.J.; Pasinato A. 1996. The effect of stage of harvest on the process of digestion in cattle fed winter oats indoors. I. Nitrogen digestion and microbial protein synthesis. *Animal Feed Science and Technology* 63:245-255.

Fagioli, M. 1972. Dinámica de la humedad y el almacenamiento del agua de lluvia en un suelo de la región semiárida pampeana. *IDIA* N° 298:30-36.

Fagioli, M. 1976. Influencia de la fertilización nitrogenada sobre rendimientos y consumos hídricos del trigo en la región semiárida pampeana. *Revista de Investigación Agronómica. Serie 3, Vol III, N° 1: 1-13.*

Fagioli, M. 1977. Eficiencia del uso del agua en cultivos de invierno y de verano. *Informativo de Tecnología Agropecuaria* N° 71. EEA INTA Anguil.

Fagioli, M. 1987. Contenido proteico del grano de trigo en relación con la fertilización nitrogenada y fosfatada. *Publicación Técnica* N° 39. EEA INTA Anguil.

Fagioli, M.; Bono, A. 1982. Contenido proteico del grano de trigo. *Publicación Técnica* N° 22. EEA INTA Anguil.

Fagioli, M.; Bono, A. 1984a. Variaciones del uso consuntivo del agua y del contenido de nitrógeno de nitratos en el suelo, en ciclo vegetativo de los cultivos de trigo y sorgo en la región semiárida pampeana. *Publicación Técnica* N° 30. EEA Anguil INTA.

Fagioli, M.; Bono, A. 1984c. Relaciones entre lluvias y rendimiento de trigo, en la región semiárida pampeana. *Carpeta de información técnica* EEA INTA Anguil 42-43.

Fagioli, M.; Bono, A.; Torroba, E. 1982. Productividad de los cultivos de trigo en la región semiárida pampeana. *Publicación Técnica* N° 30. EEA INTA Anguil.

Ferri, C. M.; Stritzler, N. P. 1993. Efecto del contenido de materia seca del verdeo de centeno sobre la digestibilidad "in vivo" y el consumo voluntario en ovinos. *Revista Argentina de Producción Animal* 13:127-131.

Ferri, C. M.; Stritzler, N. P.; Pagella J.H. 2004. Nitrogen fertilization on Rye Pasture: effect on forage chemical composition, voluntary intake, digestibility and rumen degradation. *Journal Agronomy and Crop Science* 190:1-8.

Ferri, C. M.; Stritzler, N. P.; Pagella J.H.; Buseti, M.R.; Bedotti, D.O.; Fort, M.C. 1996. Fertilización nitrogenada en verdeos invernales: consumo voluntario, digestibilidad in vivo y parámetros sanguíneos. *Revista Argentina de Producción Animal* 16:176-177.

Ferri, C. M.; Stritzler, N. P.; Pagella J.H.; Petruzzi, H.J. 2000. Effect of nitrogen fertilization in rye on voluntary intake and in vivo apparent dry matter digestibility of rams. *Summaries of Posters of the 18th General Meeting of the European Grassland Federation, Denmark*, 27 p.

Fontanetto, H.; Bianchini, A. 2007. Manejo del nitrógeno en trigo: formas de aplicación, dosis y fuentes. *Publicación Jornada INTA EEA Rafaela*.

Fontanetto, H.; Vivas, H.; Keller, O.; Albrecht R.; Hostian, J.; Borsarelli, J. 2002. Fertilización en el doble cultivo trigo/soja. Resultados de franjas exploratorias en tres sitios en la región central de Santa Fe. *INPOFOS Cono Sur. Instituto de la Potasa y Fósforo. Jornada de actualización técnica para profesionales. Fertilidad 2002* 51-52.

Frasinelli, C.A.; Martínez Ferrer, J.; Stritzler, N.P.; Petruzzi, H.J.; Ferri, C.M.; Pagella, J.H.; Frigerio, K. 2001. Fertilización nitrogenada de *Digitaria eriantha* y digestión ruminal medida in situ en novillos en pastoreo durante la primavera. *Revista Argentina de Producción Animal* 21:29-30.

García del Moral, L.F.; Boujenna, A.; Yañez, J.A.; Ramos, J.M. 1995. Forage production, grain yield, and protein content in dual-purpose triticale grown for both grain and forage. *Agronomy Journal* 87:902-908.

Gastal, F.; Lemaire, G. 1988. Study of tall fescue sward growth under nitrogen deficiency conditions. In: *Proc of the XII th. General Meeting of the European Grassland Federation, Dublin, Ireland* 323-327.

Gastal, F.; Nelson, C.J. 1994. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. *Plant Physiology* 105:191-197.

Gee, G.W.; Bauder, J.W. 1986. Particle-size Analysis. In: *Methods of Soil Analysis* (Ed. A. Klute) Part 1 Madison. Wisconsin. USA.

Goering, H.H.; Van Soest, P.J. 1970. Forage Fiber Analysis. (Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Applications). *Agricult Handbook N° 379*. ARS-USDA, Washington, DC.

Gonzalez, M.P.; Colabelli, M.R. 2001. Establecimiento de gramíneas forrajeras por siembra directa: efecto de la fertilización nitrogenada. *Revista Argentina de Producción Animal* 21:70-71.

Greene, L.W.; Webbe, K.E. Jr.; Fontenot, J.P. 1983. Effect of potassium level on site of absorption of magnesium and other macroelements in sheep. *Journal of Animal Science* 56:1214-1221.

Hernández, O.A. 1969. Efecto de la época e intensidad de pastoreo sobre el rendimiento en grano de trigo doble propósito. RIA. Serie 2 biología y producción vegetal. Volumen VI:135-164.

Horn, G.; Krenzer, G.; Bernardo, D.; Redmon, L.; Andrae, J. 1994. Evaluation of wheat varieties in the wheat grain/stocker cattle enterprise. *Wheatland Stocker Conference*. August 19, 1994, Oklahoma. 25 p.

INPOFOS. Informaciones agronómicas. 1998. Guía Práctica de Ganadería Vacuna I Bovinos para carne Región Pampeana INTA Fertilización de pasturas y verdeos. Volumen I. 16 p.

Jaurena, G.; Danelón, J.L. 2006. Tabla de composición de alimentos para rumiantes de la región pampeana argentina. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires. 61 p.

Johnson, C.R.; Reiling, B.A.; Mislevy, P.; Hall, M.B. 2001. Effects of nitrogen fertilization and harvest date on yield, digestibility, fiber and protein fractions of tropical grasses. *Journal of Animal Science* 79:2439-48.

Josifovich, J.; Maddaloni, J.; Serrano, A. 1969. Época de siembra de verdeos de invierno. EEA INTA Pergamino. 13 p.

Justes, E.; Meynard, J.M.; Mary, B.; Laurent, F.; Borin, M.; Sattin, M. 1994. Jubil a new method of conducting the nitrogen fertilization in winter wheat crops. *Proceeding of the third congress of the European Society for Agronomy, Padova*. University, Abano-Padova, Italy. 18-22 Sep. 490-491.

Krenzer, E.G. 1995. Management Practices and Net Returns in a Wheat-Stocker Enterprise. *Oklahoma Cooperative Extension Service*. Volumen 7, N° 18.

Krenzer, G.; Horn, G.W.; Redmon, L. 1997. Economic impact of grazing termination in a wheat grain-stocker enterprise. *Oklahoma Cooperative Extension Service*. Volumen 5:37-45.

Lerner, S.E.; Ponzio, N.R.; Lázaro, L. 1998. Simulación de pastoreo: II Crecimiento y rendimiento. In: *Actas IV, Congreso Nacional de Trigo*, Nov. 1998. 2-15.

Lobit, P.; Soing, P.; Genard, M.; Habib, R. 2001. Effects of timing of nitrogen fertilization on shoot development in peach trees. *Tree Physiology* 21:35-42.

Loewy, T. 1990. Fertilización nitrogenada del trigo en el SO bonaerense. I. Respuesta física y diagnóstico. *Ciencia del suelo* 8:47-56.

Loewy, T. 1995. Fertilización y proteína en el grano de trigo en el SO bonaerense. EEA INTA Bordenave. Boletín Técnico N° 10.

Loewy, T.; Ron, M. 1996. Dosis de nitrógeno para trigo en el SO bonaerense. EEA INTA Bordenave. Boletín Técnico N° 39.

López Bellido, L.; Fuentes, M.; Castillo, J.E.; Lopez Garrido, F.J. 1998. Effects of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on wheat-grain quality grown under rainfed Mediterranean conditions. *Field Crops Research* 57:265-276.

McDonald, P.; Edwards, R.A.; Greenhalgh, J.F.D.; Morgan, C.A. 1995. *Animal Nutrition*. 5th Ed. Longman, Singapore. 607 p.

McDowell, L.R. 1992. *Minerals in animal and human nutrition*. Academic Press. San Diego. California. EUA. 42 p.

Maddonni, G.A.; Marban, L.; Gonzalez Montaner, J.H. 1995. Mineralización del nitrógeno del suelo en el cultivo de trigo: comparaciones entre métodos de campo, laboratorio e invernáculo. *Ciencia del suelo* 13:52-59.

Malhi, S.S.; Foster, A.; Gill, K.S. 2003. Harvest time and N fertilization effects on forage yield and quality of quackgrass (*Elytrigia repens* L.) in northeastern Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Science* 83:779-784.

Marino, M.A.; Mazzanti, A.; Echeverría, H. 1995. Fertilización nitrogenada de cultivos anuales de invierno en el S.E. bonaerense. *Revista Argentina de Producción Animal* 15:179-184.

Marino, M.A.; Mazzanti, A.; Echeverría, H.; Andrade, F. 1996. Fertilización nitrogenada de cultivos forrajeros invernales. *Revista Argentina de Producción Animal* 16:248-249.

Matthew, C.; Xia, J.X.; Chu, A.C.; Mackay, A.D.; Hodgson, J. 1991. Relationship between root production and tiller appearance rates in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). In: *plant growth: an ecological perspective*. Ed. By D. Atkinson, University of Aberdeen.

Mazzanti, A. 1994. I Curso sobre forraje conservado de alta calidad. Carlos Paz. Córdoba. PROPEFO INTA.

Mazzanti, A., Marino, M.A.; Lattanzi, F.; Echeverria, H.A; Andrade F. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la calidad de forraje de avena y raigrás anual en el sudeste bonaerense. Boletín técnico N° 143. EEA INTA Balcarce.

Mazzanti, A.; Wade, M.H.; García, S.C. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada en invierno sobre el crecimiento y la composición química del forraje de raigrás anual. Revista Argentina de Producción Animal 17:25-32.

Melgar, R.; Caamaño, A.; Díaz-Zorita, M.; García, F.; Justel, F. 1996. Manejo de la fertilización nitrogenada en trigo. Revista Fertilizar 2:4-10.

Méndez, D.; Davies, P. 1998. Utilización de verdes invernales. Revista Argentina de Producción Animal 18:99-100.

Méndez, D.; Davies, P. 2000. Actualización en utilización de verdes invernales. INTA EEA-General Villegas. Publicación Técnica N° 30. ISSN 0326-5803.

Méndez, D.; Davies, P.; Gonella, C.; Diaz-Zorita, M. 1998. Fertilización nitrogenada de verdes invernales. 2. Respuesta animal. Congreso Argentino de Producción Animal. 18:96.

Mertens, D.R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. Journal of Animal Science 64:1548-1558.

Mertens, D.R. 1977. Dietary fiber component: relationship to the rate and extent of ruminal digestion. Federation Proceedings 36:187.

Mertens, D.R. 1994. Regulation of forage intake. In: G.C.Fahey, Jr., M. Collins, D.R. Mertens and L.E. Moser (Eds). Forage quality evaluation and utilization. American Society of Agronomy. Crop. Science. Society of America, Soil Science Society of America. Madison.WI.

Messman, M.A.; Weiss, W.P.; Erickson, D.O. 1991. Effects of nitrogen fertilization and maturity of bromegrass on in situ ruminal digestion kinetics of fiber. Journal of Animal Science 69:1151-1161.

Morris, H.D.; Gardner, F.P. 1958. The effect of nitrogen fertilization and duration of clipping period on forage and grain yields of oats, wheat and rye. Agronomy Journal 50:554-557.

NRC. 1996. Nutrient Requirements of beef cattle. Seventh Revised Edition, 1996. National Academy Press Washington, D.C. 1996.

Paisley, S.I., Horn, G.W., Carter, J.N.; Ackerman, C.J. 1998. Alternate day feeding of a monensin-containing energy supplement on weight gains of steers grazing winter wheat pasture. Oklahoma Agronomy Exp. Sta. Res. Rep.P-965:132-135.

Peyraud, J.L.; Astigarraga, L. 1998. Review of the effect of nitrogen fertilization on the chemical composition, intake, digestion and nutritive value of fresh herbage: consequences on animal nutrition and N balance. Animal Feed Science and Technology 72:235-259.

Pordomingo, A.J.; Quiroga, A.; Jonas, O.; Santucho, G.; Otamendi, H.; Azcárate, M.P.; Buffa, H.G.; Rolheiser, D.O.; Albertario, P.D. 2002. Producción y calidad de verdes de invierno en siembra directa. Boletín Técnico N° 74:14-21. EEA INTA Anguil.

Pordomingo, A.J.; Pordomingo, A.B.; Barbeito, V.A.; Volpi-Lagrecia, G.; Gatti, M.; Quiroga, A. 2004. Producción y calidad de verdes de invierno en siembra directa bajo fertilización nitrogenada y fosforada. Boletín Técnico N° 80. EEA INTA Anguil.

Quiroga, A.; Ormeño, O. 1997. Fertilización en verdes de invierno. Revista Crea N° 197:66-69.

Quiroga, A.; Ormeño, O.; Babinec, F. 1996. Labranza conservacionista y fertilización de girasol en el Este de la provincia de La Pampa. XV Congreso AACCS, Santa Rosa.

Quiroga, A.; Ormeño, O.; Otamendi, H. 1998. La siembra directa y el rendimiento de los cultivos en la región semiárida pampeana. En siembra directa. Editorial Hemisferio Sur 237-243.

Quiroga, A.; Ormeño, O.; Fernandez, D.; Vallejos, A. 1999. Verdes de invierno: necesidad de reconocer y manejar limitantes de su productividad en suelos de la región semiárida pampeana. Boletín Técnico N° 61:1-19. EEA INTA Anguil.

Quiroga, A.; Vallejos, A.; Nistal, A.; Bono, A.; Gallo Cándolo, G. 2002. Eficiencia en el uso del agua y fertilización de verdes de invierno en sistemas ganaderos de la región semiárida pampeana. Boletín Técnico 74:11-13. EEA INTA Anguil.

Redmon, L.A., Horn, G. W., Krenzer, E. G. Jr.; Bernardo, D. J. 1995. A Review of livestock Grazing and Wheat Grain Yield: Boom or Burst?. Agronomy Journal. 87:137-147.

Redmon, L.A., Horn, G. W., Krenzer, E. G. Jr.; Bernardo, D. J. 1996. Effect of wheat morphological stage at grazing termination on economic return. Agronomy Journal 88:94-97.

Romero, L.A.; Aronna, S. 2001. Renovación de pasturas efecto de la fertilización nitrogenada. Revista Argentina de Producción Animal 21:109-110.

- Romero, L.A.; Bruno, O.A.; Fossati, J.L. 1993. Evaluación del trigo Prointa Pincén para doble propósito. Información para extensión N° 115. EEA INTA Rafaela. 6 p.
- Rosso, O.R.; Chifflet de Verde, S. 1992. Avena. Producción de forraje y utilización en la alimentación de vacunos. Boletín Técnico N° 109. EEA INTA Balcarce. 27 p.
- Ryan, J.; Nsarellah, N.; Mergoum, M. 1997. Nitrogen fertilization of durum wheat cultivars in the rainfed area of Morocco: biomass; yield and quality considerations. Cereal Research Communications 25:85-90.
- Sadras, V.O.; Roget, D. 2004. Production and environmental aspects of cropping intensification in a semiarid environment of southeastern Australia. Agronomy Journal 96:236-246.
- SAGPyA. 2008. Serie de precios ganaderos y agrícolas. In: Internet: <http://sagpya.mecon.gov.ar>. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación Argentina.
- Sears, R.G. 1995. Desirability of rapid grain filling in double purpose wheat: Role of vernalization and photoperiod response. In: proceeding of the International Workshop on Facultative and Double Purpose Wheat. INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay. 155-163.
- Sinclair, T.R.; Horie, T. 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation-use efficiency: A review. Crop Science 29:90-98.
- Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. 1985. Bioestadística: Principales y procedimientos. Colombia. Mc Graw. Hill. 592 p.
- Trasmonte, D. 1997. Productividad y tasa de crecimiento estacional del forraje en la zona oeste arenoso. Informe II. Actas 9° Cong. AACREA ZOA. s/p.
- Travella, C.M., Verges, R.P.; Kohli, M.M. 1995. Progress in development of double purpose wheats in Uruguay. In: Proceeding of the Internacional Workshop on Facultative and Double Purpose Wheat. INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay 93-105.
- Tilley, J. M.; Terry, R. A. 1963. A two state technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Br. Journal of British Grassland Society 18:104-118.
- Tisdale, S.L.; Nelson, W.L.; Beaton, J.D.; Havlin, J.L. 1993. Soil fertility and fertilizers. 5th ed. Macmillan, New York, NY.
- Tonev, T.K. 1996. Influence of nitrogen rate in sunflower on the effect of nitrogen fertilization in subsequent winter wheat. Helia 19:63-70.

Underwood, E.J. and Suttle, N. F. 1999. The mineral nutrition of livestock. 3rd edition.

Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3583–3597.

Viviani Rossi, E.M.; Gutierrez, L.M.; Monterubbianesi, G.; Mazzanti, A. 1996. La fertilización nitrogenada y la producción y calidad del forraje de mijo perla. *Revista Argentina de Producción Animal* 16:229-230.

Walkley A.; Black A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37:29-38.

Zhang, Y.; Bunting, L.D.; Kappel, L.C.; Hafley, J.L. 1995. Influence of nitrogen fertilization and defoliation frequency on nitrogen constituents and feeding value of annual ryegrass. *Journal Animal Science* 73:2474-2482.

ANEXO

Tabla 7.1. Niveles de probabilidad de F, para Producción de biomasa forrajera y producción de grano en forraje de trigo sembrado en las localidades de Pasma y Cabildo en los años 2000 y 2001.

FACTORES	FUENTES DE VARIACION	
	Prod. Forraje	Prod. Grano
Fertilización	**	**
Localidad	**	**
Año	**	**
Fertilización x Localidad	**	**
Fertilización x Año	ns	ns
Localidad x Año	**	ns
Fertilización x Localidad x Año	*	ns

**P<0,01 *P<0,05 nsP>0,05

Tabla 7.2. Niveles de probabilidad de F, para concentración de materia seca (MS), proteína bruta (PB), proteína soluble (PS) y carbohidratos no estructurales soluble (CNES) en forraje de trigo sembrado en las localidades de Pasma y Cabildo en los años 2000 y 2001.

FACTORES	FUENTES DE VARIACION			
	MS	PB	PS	CNES
Fertilización	**	**	**	**
Localidad	**	**	**	**
Año	**	ns	**	**
Fertilización x Localidad	**	ns	ns	**
Fertilización x Año	ns	*	ns	**
Localidad x Año	**	**	**	ns
Fertilización x Localidad x Año	ns	ns	ns	*
Corte	**	**	**	**
Corte x Fertilización	ns	ns	**	ns
Corte x Localidad	**	ns	ns	*
Corte x Año	**	ns	ns	**
Fertilización x Localidad x Corte	ns	ns	ns	ns
Fertilización x Corte x Año	ns	ns	ns	ns
Corte x Localidad x Año	**	ns	ns	**
Fert x Corte x Localidad x Año	ns	ns	ns	ns

**P<0,01 *P<0,05 nsP>0,05

Tabla 7.3. Niveles de probabilidad de F, para relación proteína bruta-carbohidratos no estructurales solubles (PB-CNES), proteína soluble-carbohidratos no estructurales solubles (PS-CNES), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y lignina en forraje de trigo sembrado en las localidades de Pasma y Cabildo en los años 2000 y 2001.

FACTORES	FUENTES DE VARIACION				
	PB-CNES	PS-CNES	FDN	FDA	Lignina
Fertilización	**	**	*	*	**
Localidad	**	**	**	**	**
Año	**	**	**	**	**
Fertilización x Localidad	ns	ns	ns	*	**
Fertilización x Año	ns	ns	ns	ns	*
Localidad x Año	**	**	**	**	**
Fertilización x Localidad x Año	ns	ns	ns	ns	ns
Corte	**	**	**	**	ns
Corte x Fertilización	ns	ns	ns	ns	ns
Corte x Localidad	*	ns	**	ns	ns
Corte x Año	**	**	ns	ns	ns
Fertilización x Localidad x Corte	ns	ns	ns	*	ns
Fertilización x Corte x Año	ns	ns	ns	ns	ns
Corte x Localidad x Año	**	*	ns	**	ns
Fert x Corte x Localidad x Año	ns	ns	ns	ns	ns

**P<0,01 *P<0,05 nsP>0,05

Tabla 7.4. Niveles de probabilidad de F, para digestibilidad de la MS y cenizas en forraje de trigo sembrado en las localidades de Pasman y Cabildo en los años 2000 y 2001.

FACTORES	FUENTES DE VARIACION	
	Digestibilidad MS	Cenizas
Fertilización	ns	**
Localidad	**	*
Año	**	**
Fertilización x Localidad	ns	*
Fertilización x Año	ns	ns
Localidad x Año	**	*
Fertilización x Localidad x Año	ns	ns
Corte	**	**
Corte x Fertilización	ns	ns
Corte x Localidad	ns	ns
Corte x Año	ns	**
Fertilización x Localidad x Corte	ns	ns
Fertilización x Corte x Año	ns	ns
Corte x Localidad x Año	*	**
Fert x Corte x Localidad x Año	ns	ns

**P<0,01 *P<0,05 nsP>0,05

Tabla 7.5. Niveles de probabilidad de F, para Ca, P, Mg y K en forraje de trigo sembrado en las localidades de Pasman y Cabildo en los años 2000 y 2001.

FACTORES	FUENTES DE VARIACION			
	Ca	P	Mg	K
Fertilización	ns	ns	ns	*
Localidad	**	**	**	**
Año	**	**	ns	ns
Fertilización x Localidad	ns	ns	ns	ns
Fertilización x Año	ns	ns	ns	ns
Localidad x Año	**	ns	**	ns
Fertilización x Localidad x Año	ns	ns	ns	ns
Corte	**	**	**	**
Corte x Fertilización	ns	*	ns	ns
Corte x Localidad	**	**	**	*
Corte x Año	*	ns	ns	**
Fertilización x Localidad x Corte	ns	ns	ns	ns
Fertilización x Corte x Año	ns	ns	*	**
Corte x Localidad x Año	ns	ns	ns	ns
Fert x Corte x Localidad x Año	ns	ns	ns	ns

**P<0,01 *P<0,05 nsP>0,05

Tabla 7.6. Niveles de probabilidad de F, para Fe, Zn y Mn en forraje de trigo sembrado en las localidades de Pasman y Cabildo en los años 2000 y 2001.

FACTORES	FUENTES DE VARIACION		
	Fe	Zn	Mn
Fertilización	ns	**	*
Localidad	**	**	*
Año	**	**	**
Fertilización x Localidad	ns	ns	ns
Fertilización x Año	ns	ns	ns
Localidad x Año	ns	**	ns
Fertilización x Localidad x Año	ns	ns	ns
Corte	**	**	ns
Corte x Fertilización	ns	ns	ns
Corte x Localidad	**	**	**
Corte x Año	**	**	**
Fertilización x Localidad x Corte	ns	ns	ns
Fertilización x Corte x Año	ns	ns	ns
Corte x Localidad x Año	ns	ns	ns
Fert x Corte x Localidad x Año	ns	ns	ns

**P<0,01 *P<0,05 nsP>0,05

