

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO

Facultad de Agronomía y Veterinaria

*“Trabajo Final presentado para optar al
Grado de Ingeniero Agrónomo”*

**“Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la productividad de
biomasa y calidad nutritiva de un cultivo de avena (Avena sativa)”**

Alumno: RINAUDO, Emiliano José

DNI: 30.310.579

Director: Ing. Agr. M.C. GONZÁLEZ, Sergio Juan C.

Co-director: Ing. Agr. MONTESANO, Alberto Miguel.

Río Cuarto – Córdoba

Diciembre 2011

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: “Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la productividad de biomasa y calidad nutritiva de un cultivo de avena (*Avena sativa*)”.

Autor: RINAUDO, Emiliano José

DNI: 30.310.579

Director: Ing. Agr. M.C. GONZÁLEZ, Sergio Juan C.

Co-director: Ing. Agr. MONTESANO, Alberto Miguel.

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado Evaluador:

Ing. Agr. M Sc. Dr. PLAGLIARICCI, Héctor.

Ing. Agr. M Sc. BONGIOVANNI, Marcos.

Ing. Agr. M.C. GONZÁLEZ, Sergio Juan C.

Fecha de presentación:

Aprobado por Secretaría Académica:

Ing. Agr. M.C. GONZÁLEZ, Sergio Juan C.

Secretario Académico

Facultad de Agronomía y Veterinaria

AGRADECIMIENTOS

Al Sr. Héctor Bruno propietario del establecimiento “San Miguel”.

A los Ingenieros Agrónomos Alberto Montesano y Sergio González.

Al INTA Río Cuarto e INTA Marcos Juárez

ÍNDICE DE TEXTO

I. RESUMEN.....	6
II. SUMMARY.....	8
III. INTRODUCCIÓN.....	10
IV. ANTECEDENTES.....	13
1. Hipótesis.....	18
2. Objetivo General.....	18
3. Objetivos Específicos.....	18
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
1. Localización geográfica del ensayo.....	20
2. Ubicación en el relieve y tipo de suelo.....	20
3. Clima.....	20
4. Condiciones experimentales.....	21
5. Determinaciones en suelo.....	22
6. Determinaciones en cultivo.....	22
7. Análisis de datos.....	23
8. Modelo estadístico.....	23
VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	24
1. Condición química del suelo previo a la siembra.....	25
2. Producción de biomasa aérea por corte y total.....	25
3. Eficiencia en el uso de nitrógeno.....	28
4. Calidad del forraje producido.....	30
VII. CONCLUSIONES.....	31
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	33

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Perfil de suelo del establecimiento “San Miguel”, Rodeo Viejo.....	20
Cuadro 2. Análisis de suelo del área de ensayo del establecimiento “San Miguel”, Rodeo Viejo.....	25
Cuadro 3. Producción de biomasa aérea de un cultivo de avena en diferentes cortes y acumulada, en el establecimiento “San Miguel”, Rodeo Viejo.....	26
Cuadro 4. Tasa Crecimiento de Cultivo de avena en el establecimiento “San Miguel”, Rodeo Viejo.....	27
Cuadro 5. Eficiencia en el uso de Nitrógeno en avena en el establecimiento “San Miguel”, Rodeo Viejo.....	28
Cuadro 6. Contenido de proteína bruta y fibra detergente ácida según cortes y promedio en avena en el establecimiento “San Miguel”, Rodeo Viejo.....	30

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Precipitaciones medias mensuales de los últimos 10 años y promedio mensual año 2004 de Rodeo Viejo.....	21
Gráfico 2. Producción relativa de materia seca (%) de avena según cortes y tratamientos en el establecimiento “San Miguel”, Rodeo Viejo	26
Gráfico 3. Eficiencia en el uso del agua (Kg MS mm de agua ⁻¹) para diferentes niveles de fertilización nitrogenada en el establecimiento “San Miguel”, Rodeo Viejo.....	29

I. RESUMEN

I. RESUMEN

Los sistemas ganaderos de la zona subhúmeda del país basan su producción forrajera en pasturas base alfalfa. Estos sistemas, aún con cultivos sin latencia invernal, siguen manteniendo una alta dependencia de recursos estacionales para lograr un equilibrio de la oferta de forraje a lo largo del año. La inclusión del verdeo de invierno, en una proporción de la cadena forrajera, resulta ideal para cumplir con este propósito. Con el objetivo de mejorar la producción de materia seca y la calidad nutritiva del forraje, se estudió el efecto de distintas dosis de fertilización nitrogenada sobre un cultivo de avena (*Avena sativa*). El ensayo se desarrolló en el año 2004 en el establecimiento “San Miguel”, en la zona de Rodeo Viejo. Se sembró el cultivo bajo siembra directa y fertilización nitrogenada en diferentes dosis: testigo, 25, 50 y 75 kg N Ha⁻¹ en un diseño en bloques completamente aleatorizados. Se determinó la biomasa aérea por cortes y total, la eficiencia de utilización del fertilizante y la calidad nutritiva del forraje cosechado. La producción de materia seca del cultivo de avena presentó diferencias ($p < 0.05$) de acuerdo a las distintas dosis, tanto por corte como en la materia seca total. Los tratamientos en los que se agregaron 50 y 75 kg N Ha⁻¹ presentaron la mayor producción de MS tanto en cada corte como en la sumatoria. El aumento en la dosis (25, 50 y 75 kg N ha⁻¹) determinó un incremento en la biomasa aérea del 54.2, 86.7 y 88% respectivamente en relación al tratamiento testigo. En cuanto a la calidad nutritiva, los tratamientos 50N y 75N presentan valores de proteína bruta superiores sobre el resto de los tratamientos. Se concluye que los resultados obtenidos de biomasa y calidad nutritiva de forraje, mostraron una alta respuesta a la práctica de fertilización nitrogenada.

II. SUMMARY

II. SUMMARY

To get not only a better production of farming systems in the sub-humid zone in Argentina but also a balance in forage offer along the year, dry matter and forage nutritive quality need to be altered.

Although alfalfa (*Medicago Sativa*) is the predominant specie in the forage system, the use of oat (*Avena Sativa*) becomes an important source of cattle feed. The test was carried out in 2004 in San Miguel, a ranch located near Rodeo Viejo, 50 km west of Rio Cuarto. The crop was sown both directly and applying nitrogen fertilization in different doses: control, 25, 50, 75 kg N Ha and a random block design was adopted. Aerial biomass by courts (cuts) and accumulation, the efficiency of using fertilizers and the nutritive quality of harvested forage were determined. Dry matter production of oat harvest showed significant distinctions ($p < 0.05$) considering the different nitrogen doses added. Yield was higher when 50 and 75 kg N Ha were added. Thus, as doses increase (25, 50 and 75 kg N Ha) the aerial biomass showed a raise of 54.2, 86.7 and 88% respectively in relation to control treatment. As regards nutrition quality, 50N and 75 N treatments showed crude protein values higher than the rest of the treatments. Therefore, it may be concluded that the high response to the effects of nitrogen fertilization is seen in the results obtained in the biomass and the nutrition quality of forage.-

III. INTRODUCCIÓN

III. INTRODUCCIÓN

Los sistemas productivos ganaderos argentinos, tanto los de carne como los lecheros deben tener un manejo que les permita lograr la mayor eficiencia posible para poder competir económicamente respecto de otras actividades del sector agropecuario. La actualidad agropecuaria condiciona los rubros productivos de manera sostenida, la actividad agrícola en base al cultivo de *Glicine max* (soja), ha reemplazado a la ganadería extensiva por su mejor rentabilidad económica. Los sistemas de producción de leche se han reducido notablemente a pesar de presentar una mejor rentabilidad que los sistemas de cría o invernada.

Uno de los pilares para mejorar la eficiencia productiva es desarrollar sistemas nutricionales acordes al conocimiento generado durante los últimos años condicionados, como en todo rubro productivo, por un exhaustivo análisis de costos. La generación de cadenas forrajeras, con los complementos nutricionales disponibles, acordes al sistema son la base para garantizar estabilidad en la cantidad, calidad y sostenibilidad ecológica y económica.

La especie forrajera mas utilizada en los sistemas ganaderos pastoriles en el país es alfalfa por su estabilidad en la producción de materia seca de buena calidad. Esta especie debido a la existencia en el mercado de semillas de diferentes grados de latencia invernal ha permitido mejorar la oferta de forraje en dicha estación, no obstante el déficit forrajero es marcado. Por otra parte la producción de las gramíneas perennes de ciclo otoño-inverno-primaveral en pasturas mixtas base alfalfa, es limitada por las bajas temperaturas y la escasez de humedad, fundamentalmente en las regiones semiáridas hacia donde avanza la frontera ganadera. Esta situación, en algunos esquemas forrajeros, puede ser resuelta con la inclusión de cereales forrajeros de crecimiento otoño-invernal comúnmente conocidos como verdes de invierno.

Dichos cereales se caracterizan por la buena calidad y abundante cantidad de forraje aportado durante la estación otoño-invierno-primaveral, lo cual los hace fundamentales en todo establecimiento ganadero de nuestro país, ya sea para cubrir grandes carencias de pasto en dicha estación de pasturas naturales, como también para complementar los escasos aportes forrajeros de praderas recién instaladas (Zanoniani *et al.*, 2003).

Si bien son recursos de corta duración y de elevados costos por unidad de materia seca producida, debido a la época que producen, los convierte en recursos estratégicos en la producción ganadera. Esta situación genera la necesidad de lograr una alta eficiencia en su producción y utilización. La selección de los materiales genéticos y su calidad física, la administración del agua, la fertilización y la fecha de siembra permitirían planificar los verdes para producir forraje en sincronía con la curva de demanda, reducir desbalances

nutricionales, aumentar la eficiencia de uso del agua, manejar el agua residual para cultivos posteriores, o la combinación de objetivos, dependiendo de las necesidades de los sistemas, (Pordomingo *et al.*, 2007).

Otra ventaja de los verdeos es que no alteran la cadena de cultivos agrícolas de cosecha. Esto adquiere real importancia en los sistemas mixtos de producción agrícola-ganadero puesto que, ubicando al verdeo entre dos cultivos de verano, se cumple perfectamente con el objetivo de obtener forraje verde en los meses de invierno, liberando el sitio oportunamente para la implantación de un cultivo estival, (Amigone *et al.*, 2005).

Entre los cultivos forrajeros con mejores posibilidades para adecuarse a las condiciones ambientales de la región semiárida pampeana se encuentran especies como avena (*Avena sativa*) y centeno (*Secale cereale*) siendo las de mayor importancia teniendo en cuenta su difusión y el panorama varietal que presentan. Triticale (*xTriticosecale*), debido al aporte que hacen los nuevos cultivares con mayor aptitud forrajera, ha adquirido importancia en los planteos de las cadenas forrajeras, (Amigone M., 2003).

La utilización del cultivo de avena es de suma importancia por caracterizarse como un forraje que presenta excelente capacidad de producción, largo periodo de utilización por ser aprovechada hasta el estadio de grano lechoso, posee una excelente palatabilidad y prospera muy bien en zonas con climas templados y templados fríos.

La producción de materia seca de estos cultivos en nuestra zona se ve limitada por factores ambientales, suelo y manejo. Por lo tanto para lograr una buena producción se debe llevar a cabo un correcto manejo teniendo en cuenta los factores mencionados. Dentro del manejo uno de los elementos a tener en cuenta para una buena producción de materia seca es la disponibilidad de nutrientes para el cultivo, la cual generalmente es insuficiente en los suelos de la región centro sur de Córdoba. Numerosos estudios regionales han demostrado que aplicaciones de fertilizantes nitrogenados en estos cultivos estimulan la producción forrajera inicial y en muchos casos la producción total como consecuencia de una mejor implantación y formación de macollos que en los casos sin fertilización, (Díaz Zorita y Duarte, 1999).

Debido a la conceptualización precedente, se generó la necesidad de conocer el funcionamiento productivo en materia seca y su calidad nutricional de un cultivo de avena fertilizada con nitrógeno comparado con un testigo. Para ello se planificó un ensayo en un sitio ubicado en el límite entre la subregión subhúmeda y semiárida centro sur de la provincia de Córdoba.

IV. ANTECEDENTES

IV. ANTECEDENTES

Los forrajes anuales de invierno tienen una larga tradición de utilización en el país, recién en las últimas décadas se han generado y difundido una serie de tecnologías de manejo, como la fertilización y variedades genéticas de semillas que permitieron mejorar notablemente su productividad; a pesar de ello, en la actualidad es común ver verdeos escasamente productivos, lo cual medido en términos económicos los convierte en una alternativa excesivamente cara (Zanoniani, *et al.*, 2003).

Los suelos de la región subhúmeda pampeana se caracterizan por su variabilidad en la provisión de agua y nutrientes, en especial nitrógeno. Lo cual condiciona significativamente la productividad y calidad del forraje aportado por los verdeos invernales, (Quiroga *et al.*, 1999).

En dicha región, el requerimiento promedio de agua para verdeos de invierno, en el período comprendido entre fines de marzo y agosto, es del orden de 240 mm (alcanzando valores de 320 mm), con una eficiencia promedio de 11 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹. Con adecuada nutrición esta eficiencia puede superar los 15 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹. Para un período de 120 días (30 de marzo a 30 de julio), existe una probabilidad menor al 10% de que las precipitaciones cubran el total de los requerimientos del cultivo, (Quiroga *et al.*, 2007).

La menor disponibilidad forrajera durante el período invernal es una limitante importante de los sistemas ganaderos basados en recursos pastoriles. La utilización de gramíneas anuales durante este período permite disminuir el problema. Sin embargo, para producir en cantidad y calidad es necesario realizar un manejo eficiente del cultivo, en donde la fertilización representa una herramienta de gran impacto, (Torres Duggan y Melgar, 2005).

En cuanto a los requerimientos, se debe considerar que la extracción de nitrógeno (N) por la avena es elevada, a razón de 20 kg N por tonelada de materia seca producida (Ciampitti y García, 2007). Esta especie, al igual que el resto de las gramíneas, en siembra directa presenta una gran respuesta al agregado de N al momento de implantación. Ello se explica en gran proporción a la baja disponibilidad de nitratos presentes en el suelo en ese momento, (Fontanetto *et al.*, 2008).

Torres Duggan y Melgar (2005), indican que la disponibilidad de nitratos (NO₃⁻) durante el invierno es generalmente baja debido a la menor mineralización de nitrógeno (N) proveniente de la materia orgánica (MO). Por lo tanto el agregado de N a través del fertilizante produce aumentos significativos en la productividad forrajera, en la calidad nutritiva y a la vez permite adelantar el primer aprovechamiento de verdeos invernales, siempre que el fósforo (P) no sea limitante.

Dicha calidad nutritiva se mejora notablemente con el agregado de nitrógeno, ya que los niveles de proteína bruta de un alimento se cuantifican como cantidad de nitrógeno total, el cual en el forraje está bajo diferentes formas. Aproximadamente sólo un 60-70%, está bajo forma de proteína verdadera, mientras que el 30-40% está como nitrógeno no proteico. El contenido de fibra de los verdes en estado vegetativo es bajo y puede conducir a problemas químicos y/o físicos de funcionamiento ruminal. Para mantener un buen funcionamiento ruminal en general los animales necesitan de fibra que les permita realizar una buena masticación y rumia y dar las proporciones adecuadas de los precursores de los diferentes productos animales. La producción de saliva es un factor clave en la estabilidad de las condiciones químicas y físicas del rumen y la producción de ésta se ve favorecida por la masticación y la rumia, lo cual hace que sea muy importante la medición tanto el contenido de fibra detergente neutro como de fibra detergente ácido, (Zanoniani *et al.*, 2003).

Trabajos realizados en las campañas 1994, 95, 96 en la localidad de Drabble (Buenos Aires) empleando verdes de invierno (avena, triticale y raigrás) con aplicaciones de fertilizantes nitrogenados (urea) demostraron, finalizada la serie de ensayos, que la urea incremento la producción de materia seca de los verdes considerados, fundamentalmente en los primeros períodos de aprovechamiento. Acompañado de un incremento en la calidad nutritiva del forraje ofrecido dado por aumentos en la concentración de proteína en la materia seca. Pero al avanzar el ciclo de producción de dichos cultivos las diferencias de producción disminuyeron entre tratamientos fertilizados y testigos. Este comportamiento estaría dado por la incorporación de otros factores limitantes del crecimiento de las especies no compensados por la provisión inicial de nitrógeno. Entre estos se encuentran una menor disponibilidad de agua por precipitaciones, reducciones en la temperatura ambiente y disminuciones en la oferta nitrogenada inducida por la práctica de fertilización con urea en el momento de la siembra, (Díaz-Zorita y Gonella, 1997).

Zanoniani, *et al.*, (2003), plantea que hay tres momentos claves en la fertilización de un verdeo y son durante la siembra, el macollaje y la producción de primavera. Una apropiada fertilización inicial es fundamental para obtener una adecuada instalación y precocidad productiva, ya que estas especies han sido seleccionadas bajo niveles nutritivos altos. El nivel umbral en el suelo es de aproximadamente 18 ppm de nitratos no requiriéndose aplicar nitrógeno a la siembra. Si no se cuenta con análisis de suelo, se recomienda no utilizar dosis mayores a 30-40 kg ha⁻¹ de nitrógeno (65 a 85 kg ha⁻¹ de urea). Por otro lado los niveles de fósforo deberán ser como mínimo 10 ppm en el suelo. En macollaje, las recomendaciones realizadas con un correcto pastoreo (15-20 cm. de altura al ingreso al pastoreo) se ubican en el entorno de 30 kg ha⁻¹ de nitrógeno (65 kg de urea). La respuesta productiva variará entre 10 y 30 kg de MS kg⁻¹ de nitrógeno agregado y, siendo más cercanas al segundo valor cuando se fertilice más cerca del otoño que del invierno o

cuando este último sea de mayor temperatura y luminosidad. Durante la producción primaveral se tienen excelentes condiciones ambientales para una alta respuesta vegetal, estando además estos verdeos en un momento de alto crecimiento vegetal y eficiencia energética, que determina una elevada respuesta y absorción de fertilizante nitrogenado agregado. Aquí se estima que se puedan obtener hasta 6 veces más de respuesta que la que se obtiene en la etapa vegetativa otoñal, siendo las fertilizaciones realizadas generalmente del orden de 50 kg ha^{-1} de nitrógeno, lográndose respuesta de hasta $50 \text{ kg. de MS kg}^{-1}$ de nitrógeno agregado. Es de aclarar que esta respuesta resulta de la cuantificación de biomasa cosechada que incluye tanto forraje como grano.

Con el objetivo de ajustar dosis y momentos de aplicación de distintas fuentes nitrogenadas, Fontanetto *et al.*, (2008), realizó un trabajo en la EEA INTA Rafaela, donde se evaluó el efecto de distintos fertilizantes nitrogenados y momentos de aplicación sobre la productividad del cultivo de avena en siembra directa. Las fuentes nitrogenadas en estudio fueron Urea (46% N) y UAN (32% N). Se aplicaron dos dosis de N, 25 y 50 kg ha^{-1} . Los momentos de aplicación fueron dos: en el primer caso la totalidad de ambas dosis fueron aplicadas al momento de siembra; mientras que en el segundo momento se dividieron el 50% a la siembra al costado de la semilla y el restante 50%, luego del primer corte, al voleo. Luego del análisis de los datos obtenidos de materia seca por corte y total acumulada (MSTA) para cada tratamiento se concluyó que a dosis equivalentes de N y con las fuentes utilizadas en esta experiencia, cualquiera de los momentos de aplicación arrojó producciones de MSTA similares. Las diferencias observadas entre momentos de aplicación para los distintos cortes indican que la fertilización nitrogenada de avena puede ser utilizada estratégicamente para disponer de MS en periodos más o menos críticos. Los resultados de esta investigación mostraron además, que el UAN produjo una mayor producción de MS respecto a la Urea.

Durante las campañas 1998, 99 y 2000 en Marcos Juárez se llevaron a cabo ensayos de fertilización nitrogenada en avena implantada mediante siembra directa y labranza convencional, con el objetivo de evaluar los efectos de la fertilización sobre la producción de materia seca y la viabilidad económica de dicha técnica. En base a los resultados físicos de productividad del cultivo en los años antes mencionados comparados los distintos niveles de fertilización, se observa que es conveniente desde el punto de vista productivo y económico la fertilización de los mismos con urea entre los 50 y 100 kg ha^{-1} (25 y 50 kg ha^{-1} de nitrógeno aproximadamente) independientemente del sistema de siembra utilizado, (Montesano, 2006).

En el Establecimiento agropecuario “El Pavón”, próximo a la localidad de Agustoni, se estableció un ensayo de fertilización con fósforo y nitrógeno sobre cuatro cultivares de avena y cuatro de centeno. El objetivo del trabajo fue evaluar la producción y calidad

nutritiva de dichos verdeos ante la fertilización en un planteo de siembra directa. La dosis de N fue de 40 kg ha⁻¹ y se realizaron tres cortes del forraje. Los resultados arrojaron valores muy altos de proteína bruta (PB) en todos los materiales en el primer corte superado el 16%, mientras que el contenido de fibra fue superior en los centenos que en las avenas. En los dos cortes siguientes ambos cultivos mostraron una tendencia en aumento en los contenidos de fibra, y disminución en los niveles de PB, (Pordomingo, *et al.*, 2007).

Bolletta *et al.*, (2006) también realizó ensayos de fertilización con nitrógeno en avena con el objetivo de evaluar la producción de materia seca y calidad forrajera (contenido de proteína bruta, fibra detergente neutro y fibra detergente ácida) en distintos estadios fenológicos del cultivo. Para ello instaló en la EEA Bordenave un ensayo con tres niveles de fertilización nitrogenada, sin nitrógeno, 30 kg N ha⁻¹ y 60 kg N ha⁻¹.

En los resultados obtenidos, no encontró ($p > 0,05$) una respuesta positiva en la producción y calidad de forraje de avena a la fertilización nitrogenada. Así mismo se observó que la acumulación de forraje fue mayor ($p < 0,05$) en los estadios reproductivos del cultivo respecto de los vegetativos. En cuanto a las determinaciones de calidad, la PB mostró una tendencia inversa, disminuyendo ($p < 0,05$) hacia los estadios más avanzados, mientras que en FDN y FDA se detectaron valores mayores ($p < 0,05$) en los estadios reproductivos comparado a los demás estadios fenológicos. La falta de respuesta a la fertilización nitrogenada, probablemente, estuvo relacionada con la baja acumulación de agua en el suelo durante el período de estudio (318 mm). Ya que es sabido que la disponibilidad hídrica a la siembra, junto con el contenido de nitratos en el suelo son los dos factores más asociados al rendimiento de materia seca de los verdeos.

En el establecimiento “San Miguel” (Rodeo Viejo) durante los años 1998, 1999 y 2000 se realizaron ensayos de experimentación adaptativa en implantación de verdeos bajo siembra convencional y siembra directa, con el objetivo de conocer la respuesta productiva del cultivo de avena bajo dos técnicas de siembra con distintos niveles de fertilización de nitrógeno (0, 25, 50 y 75 kg N ha⁻¹). Para lo cual se realizaron mediciones de producción de materia seca, contenido de proteína bruta y contenido de fibra detergente ácido. Luego de la repetición durante tres años del mismo ensayo se corroboró la adaptación de avena a la modalidad de la implantación sin labores previas y la alta respuesta a la fertilización nitrogenada en todos los tratamientos respecto a productividad y calidad nutritiva del cultivo, favorecida por las buenas condiciones climáticas que se presentaron en dichos años en cuanto a precipitaciones y temperaturas, (Amigone *et al.*, 2001).

1. Hipótesis

El general los cultivos de cereales forrajeros de invierno responden significativamente a la fertilización nitrogenada en su productividad y calidad nutritiva si las condiciones hídricas para el cultivo no son limitantes.

2. Objetivo general

Evaluar los efectos de la fertilización nitrogenada con urea sobre la productividad de biomasa aérea y calidad nutritiva en un cultivo de Avena (*Avena sativa*) bajo condiciones de pastoreo.

3. Objetivos específicos

- Evaluar los efectos de distintas dosis de fertilización nitrogenada sobre:
 - ✓ La producción de biomasa aérea por corte y total.
 - ✓ La eficiencia en el uso del nitrógeno.
 - ✓ La tasa de crecimiento del cultivo.
 - ✓ El contenido de proteína bruta.
 - ✓ El contenido de fibra detergente ácido.

V. MATERIALES Y METODOS

V. MATERIALES Y METODOS

1. Localización geográfica del ensayo

El ensayo se llevo a cabo durante el año 2004 en el establecimiento “San Miguel” perteneciente al Sr. Bruno, ubicado a 50 Km. al oeste de la ciudad de Río Cuarto Pcia. de Córdoba, en la zona de Rodeo Viejo, la cual se encuentra rodeada al norte y oeste por el pedemonte de las sierras de Comechingones, presentando un ambiente compuesto de lomas con pendientes pronunciadas y de exposición compleja, interconectadas con bajos concentradores de agua.

2. Ubicación en el relieve y tipo de suelo

El relieve es normal, fuertemente ondulado, con pendientes medias, complejas y de gradientes entre 3 y 8%. El suelo corresponde a un Hapludol típico con textura franco arenosa muy fina en el perfil, (Cantero *et al.*, 1986). Se caracteriza por la elevada escorrentía superficial, degradación, baja capacidad de retención hídrica y baja dotación de nutrientes, (Amigone *et al.* 1998).

En el cuadro 1 se presentan los datos de profundidad, arcilla, limo y arena. Los cuales se obtuvieron del Atlas de Suelos de la República Argentina (1994) correspondiente a los suelos de la zona en estudio.

Cuadro 1. Perfil de suelo del establecimiento “San Miguel”, Rodeo Viejo.

<i>Perfil</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Arcilla (%)</i>	<i>Limo (%)</i>	<i>Arena (%)</i>
A	0-20	11,8	45,2	42,9
AC	20-44	11,5	47	41,4
C	44-77	8,6	50,2	41
Cca	77 a +	10,6	48	41,3

3. Clima

La región presenta un clima templado sub-húmedo con estación seca en invierno, con precipitaciones que oscilan entre los 700 y 800 mm anuales, (Cantero *et al.* 1986). Presenta un período libre de heladas de 240 días que abarca desde la primer quincena de mayo a la primer quincena de septiembre, (Atlas de Suelos de la Republica Argentina, 1994).

El régimen de precipitaciones (grafico 1) es irregular tipo monzónico, con un semestre lluvioso (octubre a marzo), que concentra el 81-82 % del agua pluvial, y un semestre seco (abril a septiembre), con solo el 18-19 % de las precipitaciones, (Atlas de Suelos de la República Argentina, 1994).

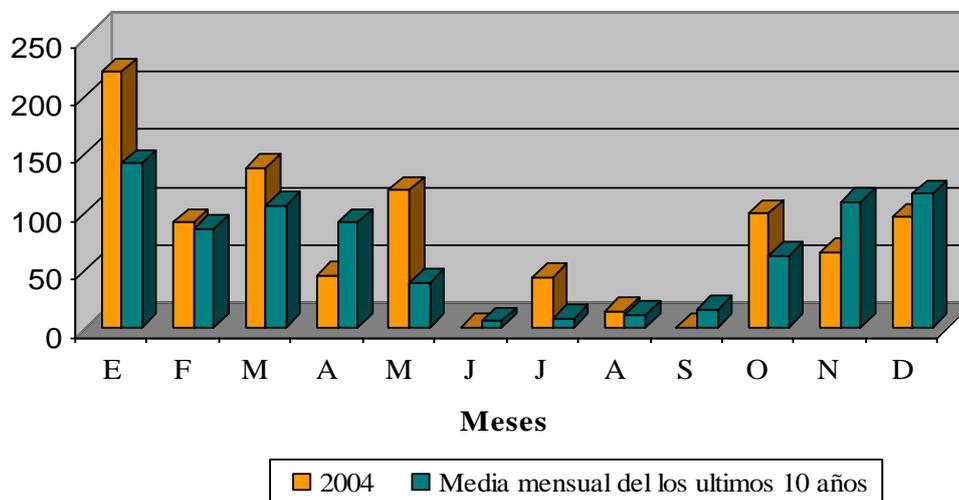


Gráfico 1. Precipitaciones medias mensuales de los últimos 10 años y promedio mensual año 2004 de Rodeo Viejo.

Es de importancia destacar que la precipitación media normal en la zona en estudio para el ciclo del cultivo (marzo a septiembre) es de 272 mm mientras que para el mismo periodo en el año que se realizó el ensayo (2004) fue de 375 mm.

El régimen térmico es mesotermal, la temperatura media del mes calido (enero) es de 21,1 °C. La temperatura media del mes mas frío (julio) es de 5,6 ° con una mínima absoluta en el 2004 de -1.51 °C. La amplitud térmica media anual es de 15.5 °C. Los datos corresponden al periodo 1999 - 2009, (Cátedra Agrometeorología U.N.R.C., 2009).

4. Condiciones experimentales

El ensayo se llevó a cabo en un lote dentro del establecimiento anteriormente mencionado, el cual tuvo como antecesor otro verdeo de invierno. Se realizó un control químico de malezas con una aplicación de glifosato a razón de 2,5 lts ha⁻¹ + 500 cc ha⁻¹ de 2,4 D 15 días previos a la siembra.

El 14 de marzo de 2004 se sembró bajo siembra directa un cultivo de avena cv. Cristal INTA, a razón de 180-200 plantas m². Tres días antes, se fertilizó al voleo utilizando urea (46% de N) como fuente de nitrógeno, en cantidades de acuerdo a los distintos tratamientos previstos.

El diseño experimental usado fue el de bloques completos al azar con 4 repeticiones siendo las unidades experimentales de 6 m² cada una (2 x 3 m). Los tratamientos fueron de 25 kg N ha⁻¹ (25N), 50 kg N ha⁻¹ (50N), 75 kg N ha⁻¹ (75N) y un tratamiento testigo que no tuvo fertilización (0N).

A mediados del mes de abril se realizó un control de malezas latifoliadas aplicando 500 cc. ha⁻¹ de 2,4 D.

5. Determinaciones en suelo

Previo a la siembra (8/03/2004) se obtuvieron muestras de suelo extraídas hasta los 20 cm de profundidad (0-5 cm, 5-15 cm y 15-20 cm), con el objetivo de analizar en laboratorio el contenido de materia orgánica a través del método de Walkley-Blak (Page *et al.* 1982); pH por potenciometría 1/2,5 (Page *et al.* 1982); P por el método Kurtz y Bray I (Page *et al.* 1982) y N-NO₃⁻ mediante reducción por Cadmio (Page *et al.* 1982). Las muestras de suelo se tomaron con barreno a través de un sistema de muestreo al azar para lograr una adecuada representatividad en los resultados. Se evitó tomar muestras en cercanías a alambrados, caminos, bebidas y situaciones particulares como hormigueros, cuevas, etc. Se recolectaron 20 submuestras simples al azar en la superficie abarcada por el ensayo y luego se mezclaron para conformar una muestra compuesta. Para que no se alteren las características propias, las muestras se conservaron refrigeradas en heladera hasta la determinación en laboratorio (Laboratorio INTA Marcos Juárez).

6. Determinaciones en cultivo

Se realizaron tres cortes manuales tomando como criterio del momento de corte el estado de comienzo de amarillamiento de hojas basales siendo cada uno de los cortes a los 61, 130 y 199 días de la siembra. El muestreo se realizó arrojando en tres oportunidades en cada unidad experimental un aro de 0,25 m², el corte se realizó a una altura de 6-7 cm del suelo para obtener las muestras del forraje. Las muestras se secaron en estufa de aire forzado a 65°C hasta alcanzar peso constante y posteriormente se relacionó el peso de la biomasa seca obtenida (MS) con la unidad de superficie de una ha. Estas muestras se enviaron a laboratorio para determinar proteína bruta mediante el método de Kjeldahl y fibra detergente acida por el método de George Van soest, (VAN SOEST, P.J., 1973).

El muestreo dentro de cada unidad experimental fue al azar evitando el efecto de la bordura y posteriormente al corte se realizó el pastoreo con novillos británicos dejando un remanente entre 6-8 cm similar al corte.

7. Análisis de datos

Los datos de MS por corte y materia seca total acumulada fueron evaluados mediante el análisis de varianza (ANOVA) y las comparaciones de medias de los tratamientos se sometieron al test de Duncan. El ensayo corresponde al modelo estadístico de diseño de bloques completos al azar (DBCA), (INFOSTAT PROFESIONAL, 2011.)

8. Modelo estadístico

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde cada observación (y_{ij}) está afectada por un efecto medio (μ), un efecto de tratamiento (α_i) y por el efecto de una variable aleatoria (ε_{ij}).

y_{ij} = Observación de la variable producción de materia seca obtenida en la unidad experimental perteneciente a un bloque el que tiene los distintos tratamientos.

μ = Media poblacional de la variable producción de materia seca.

α_i = variación en la producción debido a los distintos tratamientos i ($i = 0N, 25N, 50N, 75 N$).

β_j = Efecto debido al bloque j ($j = 1, 2, 3, 4$).

ε_{ij} = Variable aleatoria debida al error entre unidades experimentales con el mismo tratamiento.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Condición química del suelo previo a la siembra

En el cuadro 1 se presentan los resultados del análisis de suelo, que representan de 0-20 cm de profundidad del perfil y fueron analizados en el laboratorio INTA Marcos Juárez.

Cuadro 2. Análisis de suelo (0-20 cm) del área de ensayo del establecimiento “San Miguel”, Rodeo Viejo.

MO (%)	P (ppm)	N-NO ₃ ⁻ (ppm)	pH	DAP (gr cm ⁻³)
1,17	10,8	45	6,2	1,35

MO: materia orgánica; P: fósforo disponible; N-NO₃⁻: nitrógeno de nitratos; DAP: densidad aparente.

De acuerdo con Ciampitti y García (2007), el cultivo de avena tiene una extracción de 20 kg N por cada tonelada de MS producida. La situación inicial de fertilidad de suelo con respecto al nitrógeno (N) indica posibilidad de obtener una producción aproximada de materia seca (MS) de 1350 kg ha⁻¹ sin tener en cuenta el aporte del nutriente de otras fuentes obtenidas durante el ciclo del cultivo. El tratamiento sin fertilización arrojó una producción de 2802,7 kg MS ha⁻¹ (cuadro 3), lo que indica un aumento en la oferta del nitrógeno del suelo respecto al N inicial, probablemente aportado por la mineralización de la MO. En un estudio similar Amigone y Montesano, (2000), partieron con 54 ppm de nitratos en el suelo logrando una producción de 3164 kg MS ha⁻¹ en el tratamiento sin agregado de fertilizante.

2. Producción de biomasa aérea por corte y total

La producción de materia seca (MS) presentó diferencias ($p < 0.05$) de acuerdo a las distintas dosis de fertilización nitrogenada, tanto en cada corte como en la materia seca total sumatoria de los diferentes cortes (cuadro 3).

Los tratamientos en los que se agregaron 50 y 75 kg N ha⁻¹ presentaron valores sin diferencias estadísticas a excepción del tercer corte y fueron los que presentaron la mayor producción de MS tanto en cada corte como en la biomasa acumulada. El incremento de MS acumulada en las diferentes dosis de fertilizante (25, 50 y 75 kg N ha⁻¹) fue del 54.2, 86.7 y 88% respectivamente en relación al tratamiento testigo.

Cuadro 3. Producción de biomasa aérea (kg ha^{-1}) de un cultivo de avena en diferentes cortes y acumulada, en el establecimiento “San Miguel”, Rodeo Viejo.

Tratamientos	1º Corte (14/05/2004)	2º Corte (22/07/2004)	3º Corte (29/09/2004)	TOTAL
0N)	1199,6 a	966,7 a	636,4 a	2802,7 a
25N	1930,4 b	1412,9 b	980,8 b	4324,1 b
50N	2228 bc	1813,9 c	1192,6 b	5234,5 c
75N	2422,1 c	1808,3 c	1044,1 c	5274,5 c
Valor de p	0,0001	0,0005	<0,0001	<0,0001
C.V	10,86	13,05	8,87	8,59

Las letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre tratamientos de fertilización ($\alpha=5\%$). 0N: sin fertilización; 25N: 25 kg Nitrógeno ha^{-1} , 50N: 50 kg Nitrógeno ha^{-1} 75N: 75 kg Nitrógeno ha^{-1} C.V.: Coeficiente de Variación.

Fontanetto *et al.*,(2008), en un ensayo similar afirmo que las respuestas a la fertilización nitrogenada en avena representan una práctica altamente rentable en la producción de carne o leche, ya que el agregado de 25 y 50 kg N ha^{-1} generó incrementos del 32 y 80% respectivamente en la producción de MS en relación al testigo sin fertilizar.

Respecto al aporte relativo de materia seca para cada corte y tratamiento, los resultados muestran una alta respuesta al agregado de nitrógeno en el primer corte en todos los niveles de fertilización, representando un 45% aproximadamente de la producción total en cada uno de los tratamientos, seguidos por un 33 y 22% en el segundo y tercer corte respectivamente.

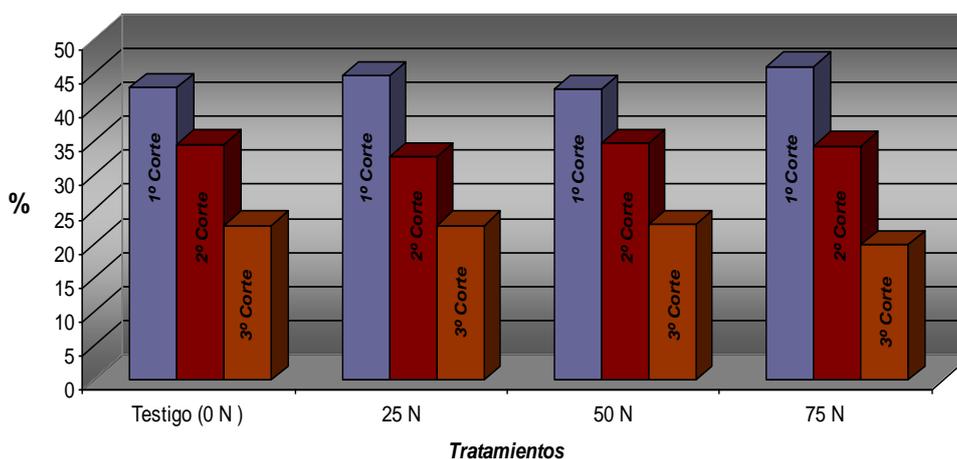


Gráfico 2. Producción relativa de materia seca (%) de avena según cortes y tratamientos en el establecimiento “San Miguel”, Rodeo Viejo

En el grafico 2 se puede observar la disminución de la producción de MS a medida que avanza el ciclo del cultivo. Es de destacar que el aporte relativo en el primer corte en avenas de ciclo largo generalmente concuerdan con las obtenidas en el presente trabajo, mientras que el aporte en las avenas de ciclo corto son de aproximadamente del 50 al 55%.

La tendencia negativa de producción de materia seca a lo largo del ciclo productivo del cultivo se explicaría según Díaz-Zorita y Gonella (1997), por factores limitantes del crecimiento de las especies no compensados por la provisión inicial de N. Entre estos se encuentran una menor disponibilidad de agua por precipitaciones, reducciones en la temperatura ambiente y una disminución en la oferta nitrogenada a medida que se avanza en el tiempo, siempre que la fertilización con urea sea realizada en el momento de la siembra. Los aportes relativos del primer corte a la materia seca total de los tratamientos aplicados, fue de 43.8; 44.6; 42.5 y 45.9% respectivamente, para cada nivel de incremento del fertilizante. Los resultados muestran que la fertilización incrementa la cantidad de MS en el primer corte, pero no afectaría la proporción de esta al aporte total.

Cuadro 4. Tasa Crecimiento de Cultivo (kg MS día⁻¹) de avena en el establecimiento “San Miguel”, Rodeo Viejo

<i>Tratamientos</i>	Siembra-1º Corte (61 días)	1º Corte - 2º Corte (69 días)	2º Corte - 3º Corte (68 días)
<i>0N</i>	19,7	14,0	9,4
<i>25N</i>	31,6	20,5	14,4
<i>50N</i>	36,5	26,3	17,5
<i>75N</i>	39,7	26,2	15,4

La disminución de producción de MS a lo largo del ciclo del cultivo, es una consecuencia de la disminución de la tasa de crecimiento de cultivo (TCC) a medida que se avanza en el número de cortes, siendo las condiciones ambientales y condiciones de fotoperíodo las razones que la determinan. La TCC muestra (cuadro 4), al igual que en los otros parámetros medidos, una alta respuesta al agregado de nitrógeno, observándose los mayores valores (36.5 y 39.7 kg MS día⁻¹) en los tratamientos 50N y 75N para el período siembra – 1º corte. Este efecto de la fertilización sobre la tasa de crecimiento se diluye en el tiempo como puede observarse en el cuadro 4 para el último período. A pesar de ello, los diferentes niveles de fertilización generaron una mayor TCC en todo el ciclo del cultivo respecto al testigo. Esto puede atribuirse a que la dotación del nutriente comienza a ser limitante conforme avanza el ciclo del cultivo y que este efecto es más marcado en el tratamiento sin fertilizar por tener un inicio del ciclo con una dotación de N cercano al límite de las necesidades del cultivo. Este factor de dilución del efecto de la fertilización en el

tiempo ha provocado que numerosos investigadores hayan estudiado el efecto con fertilizaciones fraccionadas a la siembra y posterior a cada corte o pastoreo.

Fontanetto *et al.*, (2008), realizó un trabajo en la EEA INTA Rafaela, con el objetivo de evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la productividad del cultivo de avena bajo siembra directa aplicada en distintos momentos. Obteniendo como resultado que, fraccionar el agregado de nitrógeno durante el ciclo del cultivo, permite disponer de materia seca en periodos más o menos críticos de acuerdo a las necesidades de forraje.

3. Eficiencia en el uso de nitrógeno

La eficiencia en el uso de nitrógeno, mostró valores altos en las distintas dosis de fertilización, destacándose el tratamiento 25N con 60,8 kg MS producida por cada kg de N aportado, (cuadro 5). Esta respuesta altamente positiva al agregado de nitrógeno se debe, entre otras causas, a la adecuada cantidad de fósforo en el suelo (10.8 ppm), ya que de acuerdo con Torres D. y Melgar (2005), para que se exprese al máximo el agregado de N a las gramíneas, es fundamental que se disponga de buenos niveles de fósforo disponible (PD) en el suelo. Estos valores deberían no ser inferiores a 10-15 ppm (0-20 cm) de PD para obtener respuestas interesantes a la fertilización nitrogenada.

Cuadro 5. Eficiencia en el uso de Nitrógeno (kg MS kg N⁻¹) en avena en el establecimiento “San Miguel”, Rodeo Viejo.

Tratamientos	1° Corte (14/05/2004)	2° Corte (22/07/2004)	3° Corte (29/09/2004)	TOTAL
25N	29,23	17,85	13,78	60,86
50N	20,57	16,94	11,12	48,64
75N	16,30	11,22	5,44	32,96

Otro de los factores, aparte del nivel de fósforo disponible, que favoreció la buena respuesta a la práctica de fertilización, reflejada en la producción de materia, la TCC y la eficiencia en el uso de nitrógeno fue la buena condición climática, en particular de precipitaciones, que se registraron durante el ciclo del cultivo (455 mm desde marzo a octubre). Permitiendo que la humedad del suelo no fuera limitante para el desarrollo del cultivo, en especial para el período entre siembra – primer corte. Las cuales representaron para dicho período el 66% de las precipitaciones en el ciclo del cultivo.

Amigone *et al.*, (1998) en un estudio similar realizado en Rodeo Viejo y con condiciones de precipitaciones semejantes (424 mm para el periodo del cultivo), obtuvo valores de eficiencia en el uso del nitrógeno en el orden de 45, 36 y 28 kg MS kg N⁻¹ para

dosis de fertilización nitrogenada de 25, 50 y 75 kg de nitrógeno respectivamente. Señalando que los altos valores logrados son consecuencia de un excelente desarrollo del cultivo debido a las buenas condiciones de lluvias en otoño y principios del invierno.

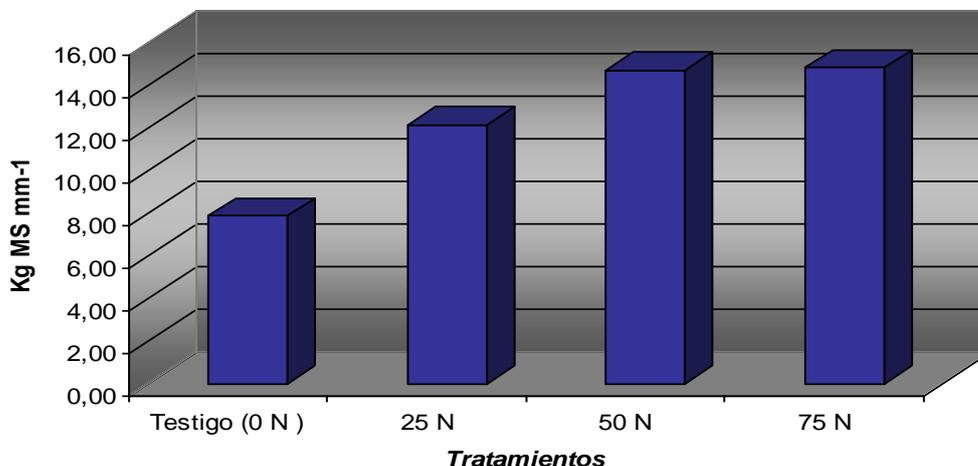


Gráfico 3. Eficiencia en el uso del agua (Kg MS mm de agua⁻¹) para diferentes niveles de fertilización nitrogenada en el establecimiento “San Miguel”, Rodeo Viejo.

Es importante destacar que las buenas condiciones de precipitación registradas en el estudio de Amigone *et al.*, (1998) y en el presente trabajo permitieron siembras en fechas adecuadas. Con el objetivo de lograr un normal desarrollo del cultivo y así obtener buenas repuestas a la fertilización con nitrógeno se recomiendan para la región donde se realizó el presente estudio y para avena, siembras de mediados de marzo.

El gráfico 3 demuestra claramente el beneficio de una adecuada nutrición nitrogenada respecto a la eficiencia en el uso del agua, logrando una producción de MS por cada mm de agua, entre un 50 y 55% mayor en los tratamientos de 50 y 75 N respecto al testigo.

En el mes de junio no se registraron precipitaciones y sumado a las bajas temperaturas se produjo una merma en la producción y eficiencia en el uso del nitrógeno, que impactó más en el tratamiento fertilizado con 25 kg N ha⁻¹; el cual muestra una marcada disminución entre el primer y segundo corte. La tendencia en el resto de los tratamientos es una disminución a menor tasa, destacándose el tratamiento 50N con una menor merma de la eficiencia entre el primer y último corte.

Este comportamiento puede deberse de acuerdo a Zanoniani *et al.*, (2003) a que las condiciones climáticas son las que determinan en gran medida la respuesta al nitrógeno, ya que no solamente determina el nivel de disponibilidad de este nutriente en el suelo, sino que

condiciona el crecimiento de las plantas, determinando mayor o menor respuesta según las precipitaciones, temperatura, heladas y cantidad de luz que llega a las plantas.

4. Calidad del forraje producido

El análisis de calidad nutritiva del forraje, contenido de proteína bruta (PB) y fibra detergente ácido (FDA), se realizó mediante una muestra compuesta de cada tratamiento y por corte, la cuales se enviaron para su análisis al Laboratorio INTA Marcos Juárez.

La importancia de la fertilización en la nutrición del cultivo para lograr una buena calidad nutritiva del forraje cosechado se corrobora a través de los resultados obtenidos en el análisis de proteína bruta (PB) a lo largo del ciclo del cultivo. Puede observarse (cuadro 6) que los tratamientos 50N y 75N presentan valores superiores sobre el resto de los tratamientos. Debido a que la fertilización nitrogenada aumenta la cantidad de proteína bruta del forraje a través del incremento del % de nitrógeno foliar, (Torres D. y Melgar, 2005). A su vez el porcentaje de PB es mayor en el primer corte que en los demás, lo cual constituye un patrón de comportamiento habitual de dicho indicador para este tipo de gramíneas anuales.

Cuadro 6. Contenido de proteína bruta (%) y fibra detergente ácida (%) según cortes y promedio en avena en el establecimiento “San Miguel”, Rodeo Viejo.

Tratamientos	1° Corte (14/05/2004)		2° Corte (22/07/2004)		3° Corte (29/09/2004)		Promedio	
	PB	FDA	PB	FDA	PB	FDA	PB	FDA
<i>Testigo (0 N)</i>	17,5	19,3	9,3	22,3	9,1	27,2	12,0	22,9
<i>25 N</i>	19,7	20,6	10,1	23,5	10,2	27,6	13,3	23,9
<i>50 N</i>	24,1	22,3	12,4	23,9	11,3	28,7	15,9	25,0
<i>75 N</i>	28,2	23,1	12,3	25,1	11,4	30,4	17,3	26,2

El contenido de FDA muestra un comportamiento inverso al de PB, ya que a medida que disminuye la PB aumenta la FDA. Lo que se traduce en una menor digestibilidad del forraje. Fernández M. *et al.*, (2002) indica que los niveles de FDA se incrementan a medida que avanza la madurez del cultivo llegando hasta la antesis con valores muy adecuados para el consumo animal. Desde allí en adelante dicho parámetro aumenta significativamente llegando a la etapa de planta seca con valores que limitan la producción de carne o leche.

El patrón de los resultados del contenido de PB y FDA en avena mostró un comportamiento similar a los obtenidos por Amigone *et al.*, (2001) en experiencias realizadas con la misma especie, y los mismos niveles de fertilización durante los años 1998, 1999 y 2000.

VII. CONCLUSIONES

VII. CONCLUSIONES

La fertilización nitrogenada es una herramienta importante para incrementar la producción y calidad nutritiva de biomasa aérea en un cultivo de avena con fines forrajeros, siempre y cuando se respete la fecha óptima de siembra y que las condiciones edafoclimáticas sean adecuadas para que el cultivo pueda expresar su potencial.

En la campaña evaluada en el establecimiento San Miguel los resultados obtenidos del ensayo mostraron una alta respuesta a la práctica de fertilización nitrogenada.

De los distintos tratamientos estudiados, el agregado de 50 y 75 kg N Ha⁻¹ fueron los que entregaron la mayor producción de materia seca por corte y total, al igual que presentaron la mejor calidad nutritiva del forraje producido. Así mismo se concluye que dentro de dichos tratamientos, el fertilizado con 50 kg N Ha⁻¹ fue el más adecuado, ya que no existen diferencias significativas entre ambos y presenta una mejor eficiencia en el uso del fertilizante y del agua.

VIII. BIBLIOGRAFIA

VIII. BIBLIOGRAFIA

AMIGONE, M.A, A. MONTESANO, B. MASIERO. 1998. Siembra directa de verdeos de invierno. Publicación N° 1. Serie Ganadera. UEE Río Cuarto, 5pp.

AMIGONE, M. A y A. MONTESANO. 2000. Fertilización nitrogenada de verdeos de invierno. Publicación N° 2, Serie Ganadera. UEE Río Cuarto, 4 pp.

AMIGONE, M., A. KLOSTER, A. MONTESANO. 2001. Fertilización nitrogenada en verdeos de invierno en siembra directa y convencional en Río Cuarto. Información para Extensión N° 70 EEA INTA Marcos Juárez, pp. 9-12.

AMIGONE, MIGUEL. 2003. Verdeos de Invierno: Sugerencias para la correcta elección de cultivares, implantación y aprovechamiento. Área Producción Animal, E.E.A INTA Marcos Juárez. En http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/03-verdeos_invierno.htm. Consultado el 25/10/2010.

AMIGONE, M.A., A.M. KLOSTER, C. NAVARRO, N. BERTRAM. 2005. Verdeos de alta producción para optimizar la cadena forrajera. Información para Extensión N° 96, pp 5-14. EEA INTA Marcos Juárez.

BOLLETTA A.I., S.P LAGRANGE, M. TULESI y M. DUPOUY. 2007. Efectos de la fertilización nitrogenada sobre la producción de forraje y calidad en *Avena sativa*. En: Actas XXX Congreso Argentino de Producción Animal en la ciudad de Santiago del Estero, Argentina.

BUFFA, D. O. ROLHEISER, y P. ALBERTARIO. 2007. Producción y Valor Nutritivo de Verdeos de Invierno en Siembra Directa. D.E.E.A. INTA Anguil. Argentina. En <http://www.engormix.com/MA-agricultura/pasturas/articulos/produccion-valor-nutritivo-verdeos-t1406/089-p0.htm>. Consultado el 15/02/2011.

CANTERO, G., E. BRICCHI, V. BECERRA, J. CISNEROS, H. GIL. 1986. Zonificación y descripción de las tierras del departamento de Río Cuarto (Córdoba). Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Agronomía y Veterinaria.

CARTA DE SUELOS DE LA REPUBLICA ARGENTINA. 1994. Hoja 3366-18 Alpa Corral. Plan mapas de suelos. Córdoba. Argentina.

CATEDRA AGROMETEOROLOGIA U.N.R.C.. 2010. Estacion automatica campo experimental La Aguada. Serie de datos climatológicos 1999 – 2009.

CIAMPITTI I.A. Y F.O. GARCÍA. 2007. Requerimientos nutricionales, absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I Cereales, Oleaginosos e Industriales. Informaciones Agronómicas N° 33, Archivo Agronómico N° 11. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

DÍAZ-ZORITA, M y C. GONELLA. 1997. Fertilización nitrogenada de verdeos de invierno en la región subhúmeda pampeana, Argentina. En <http://www.alpa.org.ve/PDF/Arch%2005%20Suplemento/PF04.pdf>. Consultado el 22/10/2010.

DÍAZ ZORITA, M Y G. A. DUARTE. 1999. Experiencias de fertilización combinada para el mejoramiento de la producción forrajera en sistemas de siembra directa del oeste bonaerense. I. Verdeos de invierno. Revista INPOFOS Informaciones Agronómicas N° 9 pp. 3-5.

FERNÁNDEZ MAYER, A., S. LAGRANGE, A. BOLLETA, M. TULESI y D. LARREA. 2002. Evaluación de los diferentes estados de madurez del cultivo de avena para la obtención de henos o silaje de planta entera de alta calidad. http://www.inta.gov.ar/bordenave/contactos/autores/anibal/calidad_nutricional_avena.pdf. Consultado el 11/03/2011.

FONTANETTO, H., O. KELLER, F. GARCÍA y I. CIAMPITTI. 2008. Fertilización Nitrogenada en Avena. Informaciones Agronomicas N° 38. E.E.A. INTA Rafaela. Rafaela, Santa Fe, Argentina. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. pp 25 y 26.

INFOSTAT PROFESIONAL (Versión 2011e). Universidad Nacional de Córdoba, Estadística y Diseño, F.C.A.

MONTESANO, A. 2006. Fertilización en verdeos de invierno y evaluación económica por análisis marginal. UEE. INTA Río Cuarto. En http://www.inta.gov.ar/mjuarez/info/documentos/extension/rioiv_fertverd09.pdf. Consultado el 07/09/2010.

PAGE, A.L, R.H. MILLER y D.R. KEENEY. 1982. Methods of soil analysis. Chemical and Microbiological properties. Part 2, second edition. American Society of Agronomy, Inc., Soil Science Society of america, Inc. Madison, Wisconsin USA.

PORDOMINGO, A.J., A.QUIROGA, O. JONAS, G. SANTUCHO, H OTAMENDI, H. G. BUFFA, D. O. ROLHEISER, y P. ALBERTARIO. 2007. Producción y Valor Nutritivo de Verdeos de Invierno en Siembra Directa. D.E.E.A. INTA Anguil. Argentina. En <http://www.engormix.com/MA-agricultura/pasturas/articulos/produccion-valor-nutritivo-verdeos-t1406/089-p0.htm>. Consultado el 15/02/2011.

QUIROGA, A. y O. ORMEÑO. 1999. Verdeos de Invierno. La fertilización nitrogenada permite aumentar la productividad. Revista CREA N° 220. pp 70-72.

QUIROGA, A., O. ORMEÑO, D. FERNANDEZ, A. VALLEJO. 1999. Verdeos de Invierno. Necesidad de reconocer y manejar limitantes de su productividad en suelos de la región semiárida pampeana. Boletín de Divulgación Técnica N°61. E.E.A INTA Anguil. 22 pp.

QUIROGA, A., R. FERNÁNDEZ y M. SAKS. 2007. Verdeos de invierno: Requerimientos de agua y nutrientes y experiencias de fertilización en la región semiárida pampeana. E.E.A. INTA Anguil. La Pampa. Argentina. En http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/25-verdeos.pdf. Consultado el 11/03/2011.

TORRES DUGGAN, M y R. MELGAR. 2005. Manejo de la Fertilización en Verdeos Invernales. E.E.A. INTA Pergamino. En <http://www.fertilizando.com/articulos/Verdeos%20Invernales.asp>. Consultado el 18/12/2010.

VAN SOEST, P.J., 1973. Estimations of nutritive value from laboratory analysis. Proc. Corneli Nutr. Conf., Ithaca, New York.

ZANONIANI, R., F. DUCAMP Y M. BRUNI. 2003. Utilización de verdeos de invierno en sistemas de producción animal. En <http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/uedy/Publica/Cart17/Cart17.htm>. Consultado el 26/10/2010.