



# Universidad Nacional de Río Cuarto

Facultad de Agronomía y Veterinaria

*Trabajo Final Presentado para  
Optar al Grado de Ingeniero Agrónomo*

“Efecto de la aplicación de N, P y S sobre la producción total  
de materia seca y proteína bruta en un cultivo de Centeno  
(*Secale cereale*)”.

Alumno  
Legarreta, Eugenio  
30.268.660

Director  
Ing. Agr. Bocco, Oscar Alberto

Codirector  
Ing. Agr. Montesano, Alberto Miguel

*Río Cuarto – Córdoba 2009*

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO

## Facultad de Agronomía y Veterinaria

### CERTIFICADO DE APROBACIÓN

**Título del Trabajo Final:** “Efecto de la aplicación de N, P y S sobre la producción total de materia seca y proteína bruta en un cultivo de centeno (*Secale cereale*)”.

**Autor:** Eugenio Legarreta

**DNI:** 30.268.660

**Director:** Ing. Agr. Oscar Alberto Bocco

**Codirector:** Ing. Agr. Alberto Miguel Montesano

**Aprobado y corregido de acuerdo a las sugerencias del Jurado Evaluador:**

Ing. Agr. Mónaco Noemí \_\_\_\_\_

Ing. Agr. Pagliaricci Héctor \_\_\_\_\_

Lic. Quím. Pereyra Telmo \_\_\_\_\_

**Fecha de presentación:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

**Aprobado por Secretaría Académica:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

---

Med. Vet. JORGE DE LA CRUZ  
*Secretario Académico*  
Facultad de Agronomía y Veterinaria

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Sr. Héctor Bruno y a su familia, por brindar el espacio físico y su colaboración para llevar a cabo este trabajo.

A los Ingenieros Oscar Bocco y Alberto Montesano.

A la Universidad Nacional de Río Cuarto.

A la AER INTA Río Cuarto por darme la posibilidad de hacer este trabajo en conjunto con el área de producción animal.

A la EEA INTA Marcos Juárez, especialmente al laboratorio central de análisis por su apoyo.

## ÍNDICE DE TEXTO

I. RESUMEN .....	6
II. SUMMARY .....	7
III. INTRODUCCIÓN .....	8
IV. ANTECEDENTES .....	10
i .HIPOTESIS.....	15
ii. OBJETIVOS GENERALES.....	15
iii. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
V. MATERIALES Y MÉTODOS .....	16
i. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO .....	16
1. CLIMA.....	16
2. FISIOGRAFÍA.....	17
3. CONDICIONES EXPERIMENTALES.....	17
ii. DETERMINACIONES REALIZADAS.....	18
iii. ANALISIS DE DATOS.....	19
V. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	20
VI. CONCLUSIONES.....	25
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	26

## ÍNDICE DE CUADROS

**Cuadro 1** Tratamientos de fertilización y nutrientes en cultivo de centeno. Establecimiento “San miguel”. Rodeo Viejo. Córdoba. (18)

**Cuadro 2** Perfil de suelo Establecimiento “San Miguel”, Rodeo Viejo. Córdoba. (20)

**Cuadro 3** Producción de materia seca (Kg/ha) de centeno según cortes y acumulada en establecimiento “San Miguel”, Rodeo Viejo. Córdoba. (20)

**Cuadro 4.** Número de plantas contabilizadas entre 30-45 días posteriores a la siembra. Establecimiento “San Miguel”, Rodeo Viejo. Córdoba. (22)

**Cuadro 5.** Contenido de proteína bruta (%) en centeno fertilizado con N, P y S. (23)

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Precipitación promedio mensual de los últimos 10 años y promedio mensual año 2007. Establecimiento “San Miguel”. Rodeo Viejo. Córdoba. (16)

**Figura 2.** Producción acumulada (Junio - Septiembre) de materia seca de Centeno en establecimiento “San Miguel”. Rodeo Viejo. Córdoba. (21)

## I. RESUMEN

Los sistemas ganaderos de Argentina son en su mayoría extensivos y pastoriles siendo sus principales recursos forrajeros los pastizales naturales y las pasturas cultivadas. La buena calidad y abundante cantidad de forraje aportado por los verdeos de invierno los hace fundamentales en todo establecimiento ganadero de nuestro país (Zanoniani, *et. al.*, 2003).

Con el objetivo de mejorar la producción de MS (materia seca) y PB (proteína bruta) se evaluaron los efectos de aplicaciones combinadas de fósforo (P), nitrógeno (N) y azufre (S) en un cultivo de Centeno (*Secale cereale*).

El ensayo se desarrollo en el establecimiento “San Miguel”, localizado en la zona rural de Rodeo Viejo, 50 Km. al oeste de Río Cuarto. Al momento de la siembra se aplicaron 5 tratamientos de fertilizantes al voleo: 1) Testigo, 2) Fosfato diamónico (FDA) 50 kg/ha, 3) Urea 110 kg/ha, 4) Fosfato diamónico (FDA) + Urea 50 y 90 kg/ha respectivamente y 5) Fosfato diamónico (FDA) + Sulfato de amonio (SA) 50 y 195 kg/ha respectivamente.

En promedio la mayor producción de forraje (kg MS/ha) acumulado en 2 cortes entre los meses de junio y septiembre se logró con el tratamiento 4 (2160 kg MS/ha). Cuando se reemplazó la fuente nitrogenada (Urea) totalmente por Sulfato de Amonio (SA) en el tratamiento 5 se redujo un 38% (1336 kg/ha) y cuando los niveles de N fueron de 50 Kg/ha tratamiento 3; 9 Kg/ha tratamiento 2 o testigo, la producción de forraje fue en promedio un 19 % menor (1819, 1818 y 1581 kg/ha respectivamente).

Los % de proteína bruta muestran valores superiores en los tratamientos 4 (Fosfato diamónico (FDA) + Urea) y 5 (Fosfato diamónico (FDA) + Sulfato de amonio (SA)) en el primer corte cuando el cultivo estaba en estado de doble arruga. En el segundo corte cuando el cultivo estaba en encañazón el % de proteína bruta disminuye en todos los tratamientos.

Los resultados obtenidos indican una baja respuesta al efecto de la fertilización. La fertilización es un complemento para aumentar la producción y la calidad del pasto producido, siempre y cuando se ajusten previamente otros factores tales como cultivo antecesor, fecha de siembra, cama de siembra, control de plagas y otras prácticas culturales.

**Palabras clave:** *Centeno – Fertilizantes – Urea – FDA (fosfato diamónico) – SA (sulfato de amonio) – MS (materia seca) – PB (proteína bruta).*

## SUMMARY

### " Effect of the application of N, P and S on the total production of dry matter and brute(gross) protein in a culture(culturing) of Rye (*Secale cereale*) "

Argentine farming systems are mostly extensive and grazing. Its fodder resources come from its main natural grassland and cultivated pastures. The forage produced in winter season is fundamental throughout our country's cattle ranches, specially because of its great quantity and good quality. (Zanoniani, et al, 2003).

The effects of combined applications of phosphorus (P), Nitrogen (N) and sulfur (S) in a crop of rye were assessed in order to improve the production of DM (dry matter) and PB (crude protein).

The test was developed in the "San Miguel" ranch located in Rodeo Viejo's country side, 50km west of Rio Cuarto. The measures were obtained in June's harvest and in September's harvest. Five treatments of fertilizer were applied randomly at the time of the sowing: 1) Control, 2) PDA 50 kg / ha, 3) 110kg Urea /ha, 4) PDA + Urea 50 kg/ha y 90 kg/ha and 5) PDA + SA 50kg/ha y 195 kg/ha.

In average, the greatest production of accumulated forage was achieved with treatment number 4 (2160kg/ha). When replacing the nitrogen source (Urea) completely by ammonium sulfate (SA) during treatment number 5 forage production was reduced by 38% (1336 kg/ha). The forage production was reduced by 19% through treatment number 3 (1819 DM kg/ha), number 2 (1818 DM kg/ha) and number 1 (1581 DM kg/ha). It is important to point out that in treatment n° 3 the amount of N applied was 50kg/ha; in treatment n° 2 the amount of N was 9 kg/ha; and in treatment n° 1 the amount of N was nule.

The % of crude protein shows top values in the treatments 4 (Phosphate diammonium (FDA) + Urea) and 5 (Phosphate diammonium (FDA) + Sulfate of ammonium (SA)) in the first court(cut) when the culture(culturing) was in condition(state) of double wrinkle. In the second court(cut) when the culture(culturing) was in encañazón the % of crude protein diminishes in all the treatments.

The final results indicate a very weak response to the effects of fertilization. Fertilization is a supplement to increase production and quality of grass produced, provided that they comply with other factors such as a previous crop, sowing date, bed planting, pest control And other cultural practices.

**Keywords:** *Rye - Fertilizers - Urea – PDA (diammonium phosphate) - SA (ammonium sulfate) – DM (dry matter) – PB (crude protein).*

## I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas ganaderos de Argentina son en su mayoría extensivos y pastoriles siendo sus principales recursos forrajeros los pastizales naturales y las pasturas cultivadas. Estos ocupan un área de aproximadamente 104.000.000 ha, lo que demuestra su importancia para la economía nacional (INDEC, 2002). Entre los principales recursos forrajeros predominan las pasturas implantadas de alfalfa, trébol blanco y trébol rojo o pasturas consociadas con gramíneas, especies megatérmicas, verdeos de invierno entre los que sobresalen, Avena, Centeno, Triticale y Raigrás, verdeos de verano como Sorgos, Maíz, Mijo y Moha; y otros recursos tales como rastrojos, pastizales, suplementos concentrados y reservas forrajeras.

Según Zanoniani, *et.al.* (2003) la buena calidad y abundante cantidad de forraje aportado por los verdeos de invierno los hace fundamentales en todo establecimiento ganadero de nuestro país, ya sea para cubrir grandes carencias de pasto en otoño-invierno de pasturas naturales, como también para complementar los escasos aportes forrajeros de praderas en implantación.

Dentro del grupo de los verdeos invernales, el centeno es uno de los cereales de mayor difusión en la región semiárida pampeana, por su adaptabilidad a las duras condiciones climáticas de esta zona, debido a su rusticidad y resistencia a las bajas temperaturas. La superficie sembrada a nivel país para 2007 se estimó en 227.180 ha, de las cuales el 19,2% corresponden a la provincia de Córdoba. Las provincias de La Pampa, Buenos Aires, Córdoba y San Luis concentran la totalidad del área sembrada (Sagpya, 2007).

El centeno crece bien en suelos livianos a franco-arenosos, aceptando lotes de baja fertilidad mejor que otras especies de cereales forrajeros. Posee un sistema radicular bien desarrollado, pudiendo obtener agua en profundidad soportando mejor las sequías prolongadas, lo que sumado a la tolerancia al frío lo convierte en un cereal rústico. El aspecto negativo es la pérdida de calidad y palatabilidad como consecuencia de la rápida tendencia a encañar (Sagpya, 2007).

La aplicación de tecnología en la producción y utilización de forraje afecta el resultado final de los sistemas ganaderos, y el abastecimiento de nutrientes se destaca por su alto impacto productivo y económico.

En nuestro país, la respuesta al agregado de nutrientes a pasturas ha sido demostrada desde la década del setenta (Berardo y Darwich; 1974 y Arosteguy y Gardner, 1982), pero aún en nuestros días el diagnóstico nutricional y/o la aplicación de fertilizantes son prácticas poco difundidas en pasturas cultivadas y prácticamente nulas o inexistentes en pastizales naturales.

La fertilización de pasturas y verdeos es una de las mejores herramientas para incrementar la oferta forrajera y, consecuentemente la producción animal. La mayor disponibilidad de nutrientes también mejora 1) La eficiencia del uso de agua y de la



radiación, 2) La calidad forrajera, 3) La duración del periodo de utilización y 4) La producción agrícola al finalizar el periodo bajo pastura, ya que se recuperan las propiedades físicas y biológicas del suelo (García, F., 2005).

Los verdeos de invierno por ser gramíneas cultivadas, necesitan de una adecuada fertilización nitrogenada si se desea lograr las altas producciones buscadas cuando se incorporan en el sistema productivo. En cambio, su respuesta al fósforo es dependiente del nivel de nitrógeno en el suelo; el fósforo es de fundamental importancia cuando existen bajos niveles en el suelo, o se van a destinar posteriormente para la cosecha de grano.

En los últimos años se ha determinado al S como nuevo elemento deficitario, que comparte con el P la característica de residualidad, siendo estos necesarios para optimizar la producción (Ramig *et. al.*, 1975). Como su importancia relativa es secundaria respecto a la del N y P, es difícil obtener respuestas del S sin haber satisfecho previamente los otros (Rasmussen y Kresge, 1986).

El pastoreo durante el ciclo de los verdeos, les confiere demandas de fertilización especiales. Tres momentos son esenciales en la fertilización de un verdeo: la siembra, el macollaje y la producción primaveral (Zanoniani, *et. al.*, 2003).

#### IV. ANTECEDENTES

La menor disponibilidad forrajera durante el período invernal es una limitante importante de los sistemas ganaderos basados en recursos pastoriles. La utilización de gramíneas (avena, raygrass, triticale, centeno, etc.) durante ese período permite solucionar gran parte del problema. Sin embargo, para producir en cantidad y calidad es necesario realizar un manejo eficiente de las especies, en donde la fertilización representa una herramienta de gran impacto (Melgar y Díaz Zorita, 1997).

El tipo de verdeo de invierno, la fertilidad del suelo, la fecha de siembra, el ambiente y el uso afectan la producción y la composición química del forraje ofrecido. El conocimiento de la respuesta de producción a diferentes factores, en particular la fertilización y el germoplasma, es necesario para una elección apropiada del verdeo, la estrategia de fertilización y el manejo en un lote determinado, (Quiroga y Ormeño, 1999; Quiroga *et. al.*, 1999a).

Los suelos de la región pampeana presentan deficiencias de fósforo (P) y nitrógeno (N), en los últimos años también se han observado, deficiencias de azufre (S), causado por la intensificación de la agricultura (González *et. al.*, 1997). Se caracterizan también por su variabilidad en la provisión de agua y de nutrientes, especialmente nitrógeno, lo cual condiciona significativamente la producción de forraje (Quiroga *et. al.*, 1999b).

Los cada vez más altos rendimientos de las variedades mejoradas genéticamente deben responder a mayores niveles de nutrientes. El concepto actual ya no es el de aplicación de fertilizantes, sino de nutrientes. El kg de fertilizante no refiere directamente a cuánto nutriente se le aplica al cultivo, hay que hablar de nutrientes y su equivalente en producto. Es decir, cuántos nutrientes tiene cada producto formulado.

La producción de materia seca de verdeos invernales en el sur de Córdoba está limitada, entre otros factores, por condiciones ambientales (lluvias y temperatura) y prácticas de manejo (cultivos antecesores, barbecho, cobertura de residuos, sistemas de labranza, fecha de siembra, etc.) y oferta de nutrientes a la siembra, (Amigone *et. al.*, 1998).

Experiencias realizadas en el área de influencia de la Agencia de Extensión Regional (AER) Río Cuarto (Córdoba) han mostrado excelentes respuestas a la fertilización nitrogenada de avena y que aplicaciones de fertilizantes con nitrógeno (N) en estadios de desarrollo temprano de los verdeos estimulan su productividad forrajera inicial y en muchos casos permite una mayor producción total dada por una implantación y formación de macollos que en condiciones de deficiencias, (Amigone *et. al.*, 1998; Amigone y Masiero, 1999 y Montesano y Amigone, 2000).

Paralelamente, estudios en cultivos de trigo y soja (Martínez y Cordone, 1998; Martínez y Cordone, 2000) y en pasturas con festuca y alfalfa (Díaz Zorita y Duarte, 1999)

han mostrado que en suelos de textura arenosa, las aplicaciones otoñales de fertilizantes con azufre inducen a una mayor producción de grano o forraje.

Abundantes experiencias de fertilización nitrogenada en verdeos de invierno se han desarrollado en diversas áreas de la región pampeana, mostrando que en ausencia de severas limitaciones del crecimiento, estas forrajeras anuales, al igual que los verdeos estivales, responden positiva y linealmente al agregado de nitrógeno (Díaz-Zorita y Gonella, 1995, Gonella y Díaz-Zorita, 1995a y 1995b, Duarte, 1995, Quiroga *et. al.*, 1999, Zamolinski *et.al.* 1976, Zamolinski y Letelier, 1974).

El agregado de nitrógeno incrementa la producción de materia seca, fundamentalmente en sitios con menos de 20 ppm de nitratos en la capa arable de los suelos, evaluados en el momento de la siembra de los cereales (Amigone *et. al.*, 1996). Por encima de este nivel, las respuestas son aleatorias y de menor magnitud. La baja disponibilidad de agua en el suelo, la presencia de malezas y bajas densidades de plantas junto con deficiencias de otros nutrientes como fósforo, condicionan esta respuesta. También genera cambios positivos en la estacionalidad de la producción. En el INTA Concepción de Uruguay se encontró que un verdeo fertilizado aumenta la producción invernal en un 300% , mientras que en la primavera solo aumenta un 50% (Battista, J. *et. al.*, 2005).

Las fertilizaciones tempranas, a la siembra, presentan mayor eficiencia debido a la mayor disponibilidad de agua en capas superficiales del suelo (Quiroga y Ormeño, 1996).

En general, la respuesta al agregado de N es elevada a dosis bajas y en situaciones de marcada deficiencia de N disponible, disminuyendo a medida que se incrementa la dosis de aplicación. Sin embargo, en numerosas ocasiones se han observado respuestas lineales o casi lineales, donde la eficiencia es constante. En verdeos de invierno, las aplicaciones de N a fin de invierno son muy eficientes en zonas con buena disponibilidad hídrica en invierno (este de la región pampeana). Las aplicaciones a la siembra son de mayor eficiencia en el oeste de la región pampeana donde las precipitaciones en el invierno son escasas (García, F., 2005).

En condiciones de baja disponibilidad de nitratos, y adecuada condición de agua edáfica, la fertilización con nitrógeno permite incrementos de hasta 3 veces, en la tasa de crecimiento de los verdeos de invierno. El agregado de nitrógeno afecta la tasa de crecimiento de los cultivos, estimulando la formación de macollos y la elongación de las hojas, fundamentalmente en los primeros estadios de crecimiento (Marino *et. al.*, 1996 a y 1996 b). Además la fertilización con nitrógeno mejora la eficiencia en el uso de agua de diferentes especies de verdeos y en variadas condiciones de producción (Quiroga y Ormeño, 1996). También aumenta la calidad de la oferta forrajera por incrementos significativos en los contenidos de proteína bruta (Arelovich y Rodríguez Iglesias, 1988).

La disponibilidad de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) 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 producción, a la vez que permite adelantar el primer aprovechamiento (Torres Duggan 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. Se deberían alcanzar por lo menos 10-15 partes por millón (ppm) (0-20 cm) de PD para obtener respuestas interesantes a la fertilización nitrogenada, e inclusive se han reportado interacciones entre N y P, es decir situaciones en donde la producción obtenida con N y P solos es menor a la encontrada con la combinación de los mismos (Torres Duggan y Melgar, 2005).

Aunque el N es el nutriente más demandado, el P tiene una importancia estratégica: es deficiente en amplias áreas de la región pampeana, no tiene una reposición natural y la importación es necesaria para abastecer la provisión del fertilizante. Como particularidad se destaca las características residuales como las encontradas por Vivas *et al.* (2001) y Vivas (2003) en la región central de la provincia de Santa Fe y la sugerida por Salvagiotti *et al.* (2003) para la región centro-sur de Santa Fe. Es necesario puntualizar que en condiciones de déficit hídrico la deficiencia de P condiciona la absorción del N (Vivas y Hansen, 1996).

La disponibilidad de agua a la siembra, junto con el contenido de nitratos son los dos factores más asociados al rendimiento de materia seca de los verdes. En zonas subhúmedas, como las del oeste bonaerense, una vez cubierta la disponibilidad de agua, nuevamente la oferta de  $\text{NO}_3^-$  condicionan el nivel de respuesta a la aplicación de N (Torres Duggan y Melgar, 2005).

La fertilización nitrogenada aumenta la cantidad de proteína bruta (PB) del forraje a través del incremento del % de N foliar (Torres Duggan y Melgar, 2005).

Las aplicaciones de N, principalmente a partir del uso de sulfato de amonio en verdes de centeno estimularon su producción inicial de forraje y permitieron una mayor acumulación total de materia seca que cuando la fuente empleada fue urea (46:0:0). En cultivos invernales el uso de fertilizantes con S mejora su producción al balancear la oferta de N corregida por el uso de fertilizantes nitrogenados (Díaz-Zorita y Duarte, 1999).

La disponibilidad de P en el sistema suelo-planta-animal juega un rol fundamental definiendo la productividad del sistema, dado que, la deficiencia de P provoca una marcada reducción en el crecimiento y en la calidad del forraje. Los trabajos realizados en nuestro país indican que por debajo de los 12 ppm de P es muy probable obtener altas respuestas a la fertilización. (Quintero y Boschetti, 1995).

El fósforo es un nutriente fundamental para las pasturas por que afecta especialmente la producción de las leguminosas, que aportan N al sistema y a las gramíneas que la acompañan. Las leguminosas presentan, en general, una mayor demanda de fósforo y respuesta a la fertilización que las gramíneas (García, F., 2005).

Las plantas que sufren deficiencias de P reducen la expansión foliar, determinando una menor superficie y menor número de hojas, juntamente con un amarillamiento y senescencia prematura de las hojas maduras. En contraste el contenido de proteínas y de clorofila por unidad de área foliar no es muy afectado. Frecuentemente el contenido de clorofila es aun mayor en plantas deficientes lo que les da a las hojas un color verde oscuro, sin embargo la eficiencia fotosintética por unidad de clorofila es mucho menor. El crecimiento aéreo se deprime más que el radical destinando las plantas una proporción mayor de carbohidratos hacia las raíces. Todo esto resulta en una subutilización de los recursos del ecosistema como la radiación y el agua, lo que determina inferiores producciones de forraje.

El fertilizante aplicado a la siembra permite su incorporación al suelo y puede ser aprovechado desde el inicio de la pastura, por lo cual es el que mayor respuesta da y el que con mayor eficiencia se utiliza (Quintero *et. al.*, 1995). Por el contrario, en las aplicaciones en cobertura se obtienen menores respuestas y menor eficiencia de aprovechamiento, además están sujetas al riesgo de pérdida por movimiento superficial provocado por las lluvias. Es por ello que la fertilización inicial es clave y fundamental en la productividad y en la respuesta económica a la fertilización.

Hoy en día se sabe que las plantas requieren para su crecimiento de 16 elementos, por tal motivo llamados esenciales, siendo el S uno de ellos, conocido también como mesonutriente, por ser necesario en cantidades medias entre un macronutriente y un micronutriente.

El S es parte constituyente de aminoácidos esenciales, la formación de clorofila requiere también su presencia y participa en la formación de aceites y síntesis de vitaminas. Esto explica por que este elemento es tan importante para el crecimiento y rendimiento de los cultivos. (Tisdale *et. al.*, 1993).

El S es un elemento clave dado que su deficiencia reduce el contenido proteico del forraje (Griffith y Murphy, 1996), afectando su calidad. Numerosos resultados experimentales en distintas regiones ganaderas del mundo demuestran respuestas significativas a la aplicación de S tanto en la producción de forraje de gramíneas y de leguminosas, como en el contenido de S y de N de las plantas (Tabatabai, 1986). Esta respuesta es mayor cuando se utilizan altas dosis de fertilizantes nitrogenados (Skinner 1987; Murphy y O' Donnell 1989) ya que al aumentar la producción de las gramíneas se incrementa la demanda S.

En INTA 9 de Julio e INTA Concepción del Uruguay encontraron que la fertilización con S, además de aumentar la producción de materia seca, producía cambios favorables en la estacionalidad de la producción (Battista, J. *et. al.*, 2005).

El correspondiente suministro de S incrementa el desarrollo y la cantidad de N absorbido en trigo, por lo que resulta una adecuada herramienta para mejorar la eficiencia de utilización de N. Este efecto es debido a mejoras en la eficiencia de absorción de N y no a cambios en la eficiencia fisiológica de la utilización de N (Salvagiotti y col., 2004).

El sulfato es reducido en los cloroplastos, por depender de la intensidad de la luz y luego es asimilado siendo el producto más generalizado (> 90%) los aminoácidos azufrados (De kok *et. al.*, 2002).

En los últimos años, con una agricultura más intensa, que por ende ha sido más extractiva, han comenzado a manifestarse síntomas de deficiencia de este elemento.

Debemos recordar que el S disponible en el suelo para las plantas en más del 90 % deriva de la mineralización de la materia orgánica, la cual en la última centuria ha disminuido considerablemente (Ventimiglia *et. al.*, 2004).

El nivel de respuesta dependerá de la fertilidad del lote. Suelos con bajos contenidos de materia orgánica (con respuesta probada a N y P), con uso agrícola prolongado y contenidos de sulfatos (0-60 cm) menores a 10 ppm son candidatos a presentar deficiencias de S y requerirán del agregado de S vía fertilizante (Torres Duggan y Melgar, 2005).

Se han encontrado también casos de respuesta a otros nutrientes esenciales, además del azufre (S), sobretodo boro (B) y zinc (Zn), en determinadas ambientes y sistemas de manejo. Sin embargo, antes de pensar en fertilizar con estos elementos esenciales es fundamental haber ajustado la fertilización con N y P (Torres Duggan y Melgar, 2005).

En los últimos años se han observado respuestas a la fertilización azufrada en soja, maíz, trigo, canola, alfalfa y pasturas en la región pampeana, principalmente en el centro y sur de Santa Fe, sudeste de Córdoba, centro, oeste y norte de Buenos Aires y este de La Pampa. Las respuestas se observan principalmente en suelos degradados, con muchos años de agricultura continua (especialmente soja), y con historia de cultivos de alta producción con fertilización nitrogenada y fosfatada, y en los suelos arenosos de bajo contenido de materia orgánica (Martínez y Cordone, 1998, Martínez y Cordone, 2000, Díaz-Zorita *et. al.*, 2002).

Las deficiencias de S se presentan con mayor frecuencia en suelos arenosos de zonas húmedas y subhúmedas y/o en suelos degradados por manejos intensivos, con bajos niveles de sulfatos disponibles y de S orgánico lábil (Whitehead 1995). Con la intensificación de la agricultura en la región pampeana y la elevada extracción de S por los cultivos en general y principalmente por la soja, es factible hallar cada vez con más frecuencia deficiencias de este nutrientes en los suelos y, por consiguiente, en pasturas consociadas o en cultivos de alfalfa,

sobre todo cuando integran rotaciones mixtas después de ciclos agrícolas prolongados con una alta participación del cultivo de soja.

Díaz-Zorita y Duarte (1999) experimentaron la fertilización combinada PDA (fosfato diamónico) + SA (sulfato de amonio), PDA (fosfato diamónico) + Urea y Balanceado, sobre la producción de verdeos de invierno en el Oeste de Bs. As., concluyendo que las aplicaciones de N, como SA en verdeos estimularon la producción inicial de forraje y permitieron una mayor acumulación total de MS que con el uso de Urea. Estos resultados también sugieren que la fertilización con S mejora la producción del verdeo al balancear la oferta de N corregida por el uso de fertilizantes nitrogenados.

En el sur de Córdoba no existen referencias sobre la aplicación de fertilizaciones combinadas.

#### **IV. i. HIPÓTESIS**

Hay respuesta diferencial a las distintas combinaciones de fertilizantes en cuanto a cantidad y calidad de forraje en centeno (*Secale cereale*).

#### **IV. ii. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar los efectos sobre la producción total de materia seca y proteína bruta de aplicaciones de fósforo (P), nitrógeno (N) y azufre (S) en un cultivo de Centeno (*Secale cereale*).

#### **IV. iii. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar la producción y distribución de forraje del cultivo de Centeno con aplicaciones de fósforo (P), nitrógeno (N) y azufre (S).
- Evaluar el contenido de PB (Proteína bruta) del cultivo de Centeno con aplicaciones de fósforo (P), nitrógeno (N) y azufre (S).



## V. MATERIALES Y MÉTODOS

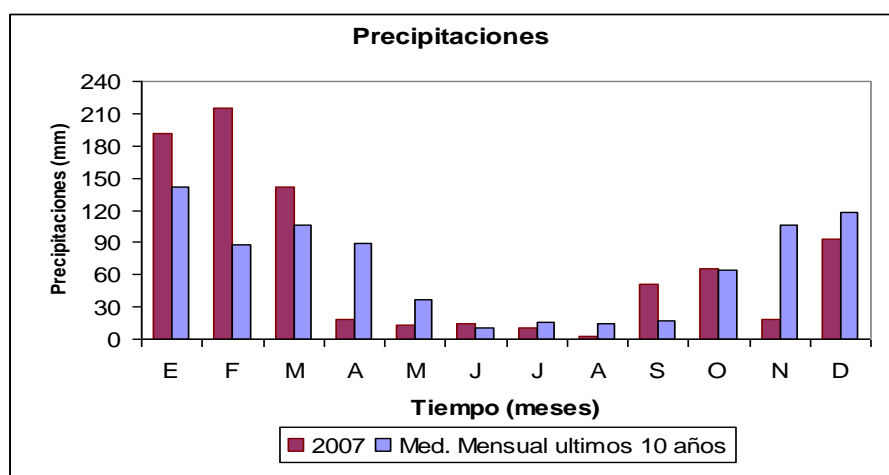
### V. i. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO

#### V. i. 1. CLIMA

La región de Río Cuarto presenta un clima templado sub-húmedo, con precipitaciones que suelen exceder la evapotranspiración en los meses de primavera y otoño y con déficits puntuales en verano e invierno (Seiler *et al.*, 1995).

Analizando desde un punto de vista global el área, se puede concluir al observar la figura 1 que se está frente a un régimen de precipitaciones 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 % del agua precipitable (Carta de Suelos de la Republica Argentina, 1994).

**Figura 1.** Precipitación promedio mensual de los últimos 10 años y promedio mensual año 2007. Rodeo Viejo, Córdoba.



La precipitación media anual normal es de 678,2 mm con valores extremos mínimos de 405 mm en 2001 y máximos de 1134 mm en 1998, para la los últimos 10 años (Cátedra Agro meteorología U.N.R.C., 2007).

Cabe destacar que la precipitación media normal del ciclo del cultivo (Marzo-Octubre) es de 297,7 mm mientras que en el mismo período de la campaña 2007 el registro descendió a 198 mm.

El régimen térmico es mesotermal, la temperatura media del mes más cálido (enero) es de 21,1°C con una máxima absoluta en 2007 de 37,4°. La temperatura media del mes más frío (julio) es de 5,6°C con una mínima absoluta en 2007 de -11,3°C. La amplitud térmica media anual es de 15,5°C. Los datos corresponden al período 1997-2007 (Cátedra Agro meteorología U.N.R.C., 2007).

Con respecto el período libre de heladas, éste abarca desde la primera quincena de mayo a la primera quincena de septiembre, con 240 días libres de helada (Carta de Suelos de la Republica Argentina, 1994).

### **V. i. 2. FISIOGRAFÍA**

La zona corresponde al área ondulada de pedemonte próxima al cordón serrano del Comechingones, con suelos sueltos, de textura franco arenoso o arena francos caracterizados por elevada escorrentía superficial, desagregación, baja capacidad de retención hídrica y baja dotación de nutrientes, (Amigone *et. al.* 1998).

### **V. i. 3. CONDICIONES EXPERIMENTALES**

El ensayo se desarrollo en el establecimiento “San Miguel” (32° 56´ 8,14’’ S; 64° 39´37,48’’ O), localizado en la zona rural de Rodeo Viejo, 50 Km. al oeste de Río Cuarto.

El ensayo se instalo en un lote que tuvo como cultivo antecesor avena (*Avena sativa* L.) en conjunto con trébol de olor amarillo (*Melilotuus officinalis* L.). Se efectuo barbecho químico con 2 aplicaciones de glifosato 65.5% (Round up Full) a razón de 2 litros/ha 30 y 10 días previos a la siembra respectivamente. El control de malezas en implantación se hizo con MCPA (800 cc<sup>3</sup>/ha).

Cuando se realizaron los cortes se determinaron los estadios fenológicos. El estado de doble arruga se determino en lupa y el de encañazón de forma visual.

El cultivo se sembró el 12 de marzo de 2007. Se empleo centeno cv. Don Enrique con una densidad de 180-200 plantas por m<sup>2</sup>.

El área experimental estuvo incluida en un lote de mayor superficie y recibió igual manejo que el resto. Las condiciones del ensayo se desarrollaron según las labores culturales y aplicación de insumos convenidas con el productor.

Al momento de la siembra se aplicaron 5 tratamientos de fertilizantes al voleo, (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Tratamientos de fertilización y nutrientes en cultivo de centeno. Establecimiento “San Miguel”. Rodeo Viejo. Córdoba 2007.

Tratamiento	Fertilizante (kg/ha)			Nutrientes (kg/ha)		
	FDA	Urea	SA	P	N	S
1 Testigo	0	0	0	0	0	0
2 FDA	50	0	0	10	9	0
3 UREA	0	110	0	0	50	0
4 FDA + UREA	50	90	0	10	50	0
5 FDA + SA	50	0	195	10	50	47

NOTA: FDA (fosfato diamónico) 18:20:0; SA (sulfato de amonio) 21:0:0 S 24 y Urea 46:0:0.

El diseño experimental usado fue el de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro repeticiones, siendo las parcelas de 6 m<sup>2</sup> en cada tratamiento.

#### V. ii. DETERMINACIONES REALIZADAS

Suelo: Previo a la siembra se realizaron análisis de suelo en laboratorio con muestras extraídas hasta los 25 cm de profundidad (0-5 cm, 5-15 cm y 15-25 cm), para evaluar contenido de materia orgánica a través del método Walkley-Black (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); N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> realizando reducción por Cadmio (Page *et al.* 1982) y S-SO<sub>4</sub><sup>=</sup> siguiendo el procedimiento turbidimétrico (Chensin *et al.*, 1951). Las muestras de suelo a analizar se tomaron con barreno, a través de un muestreo sistemático al azar para tener mayor representatividad en los resultados. Se evitó tomar muestras en cercanías a alambrados, caminos, bebidas y situaciones localizadas como hormigueros, cuevas, etc. Se recolectaron 20 submuestras simples que se mezclaron para conformar una muestra compuesta. Para que no se alteren los resultados se conservaron las muestras refrigeradas en heladera hasta la determinación en laboratorio (Laboratorio INTA Marcos Juárez).

Cultivo: Se determino por conteo el numero de plantas logradas por tratamientos y en cada uno de los bloques arrojando un aro de ¼ m<sup>2</sup> a los 30-45 días posteriores a la siembra (el aro se tiro 2 veces y luego se hizo un promedio entre ambas tiradas). La remoción de forraje se realizó pastoreando todo el lote utilizando novillos británicos, los cuales fueron retirados cuando el remanente de forraje llegaba a 8-10 cm de altura. Previo a la entrada de los animales se realizaron cortes manuales (arrojando un aro de ¼ m<sup>2</sup> 3 veces por parcela) a 7 cm del suelo para determinar porcentaje de materia seca (MS) y producción de materia seca (MS) por tratamiento y por bloque. Estas se llevaron a estufa a 65 °C hasta alcanzar

peso constante. Además, sobre las muestras de forraje de estos cortes se determino el porcentaje de proteína bruta (PB) mediante la determinación de N total (AOAC, 1990).

### **V. iii. ANÁLISIS DE DATOS**

Las MS y la PB medida fue evaluada mediante el análisis de varianza (ANOVA) siguiendo el modelo de un DBCA y las comparaciones de medias de los tratamientos se efectuaron mediante la prueba de Duncan (Duncan, 1995).

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Teniendo en cuenta la ubicación del ensayo observamos las características del lote in situ y se realizó un muestreo para la descripción del perfil del suelo, el cual se presenta en el cuadro 2.

**Cuadro 2.** Perfil de suelo Establecimiento “San Miguel”. Rodeo Viejo. Córdoba.

	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Arcilla (%)</i>	<i>Limo (%)</i>	<i>Arena (%)</i>	<i>Siembra</i>				
					<i>MO (%)</i>	<i>P (ppm)</i>	<i>N- NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (ppm)</i>	<i>S- SO<sub>4</sub><sup>=</sup> (ppm)</i>	<i>pH</i>
A	0 – 20	12.3	43.8	41.3	1.42	6.3	25	1.33	6,3
AC	20– 44	12.3	45.8	40					
C	44 –77	9.4	48.5	39.9					
Cca	77 a +	10.4	48.3	38.7					

MO: materia orgánica. P: fósforo disponible. N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: nitrógeno de nitratos. S-SO<sub>4</sub><sup>=</sup>: azufre de sulfatos. Los datos que se encuentran en la mitad izquierda del cuadro se obtuvieron de la Carta de suelos de la Rep. Argentina (1994) Las determinaciones realizadas a la siembra fueron determinadas a 0-25 cm de profundidad en laboratorio INTA Marcos Juárez.

Los valores de producción de forraje por corte y total acumulado, en kg MS/ha de cada tratamiento en el año 2007 se presentan a continuación en el cuadro 3.

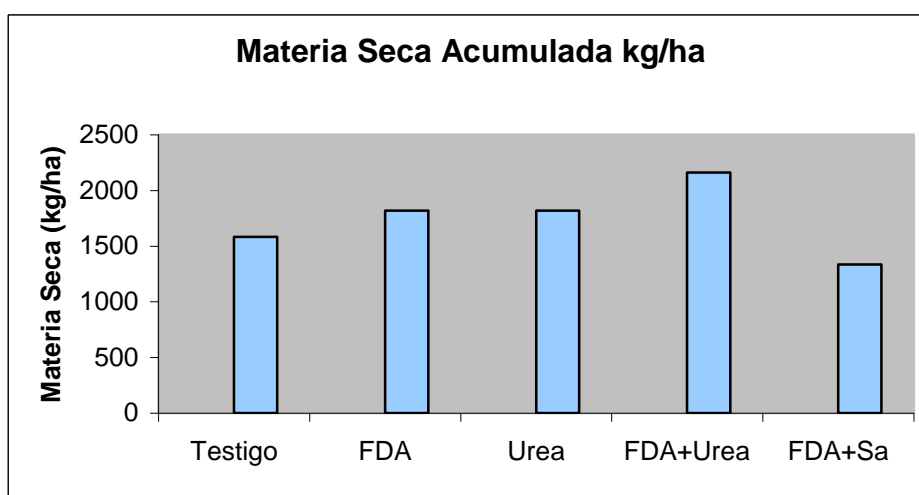
**Cuadro 3.** Producción de materia seca (Kg/ha) de centeno según cortes y acumulada en establecimiento “San Miguel” Rodeo Viejo. Córdoba.

Tratamiento	1° Corte	2° Corte	Acumulada
	22/06/2007 kg MS/ha	07/09/2007 kg MS/ha	Kg MS/ha
Testigo	960,5	621	1581,5 b
FDA	1126,3	692,3	1818,5 ab
Urea	1118,3	701	1819,3 ab
FDA+ Urea	1191,5	968,8	2160,3 a
FDA + SA	853,8	482,8	1336,5 b

Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas entre tratamientos de fertilización ( $p < 0.05$ ). FDA= fosfato diamónico, SA= sulfato de amonio.

En promedio para el establecimiento “San Miguel”, la mayor producción de forraje (M.S.) acumulado en 2 cortes entre los meses de junio y septiembre se logró cuando se aplicó FDA y Urea (tratamiento 4). Cuando se reemplazo totalmente la fuente nitrogenada (Urea) por Sulfato de Amonio (SA) se redujo un 38% y cuando los niveles de N fueron de 50 Kg/ha (Urea), 9 Kg/ha (FDA) o ausente (testigo), la producción de forraje fue en promedio un 19 % menor. Los cortes por separados no dieron diferencias entre tratamientos, en la suma de cortes dio justo en el limite de la significación ( $p= 0.06$ ). A continuación podemos observar en la figura 2 las diferencias obtenidas. Resultados previos obtenidos por Amigote, *et. Al.* (2005) indican los beneficios de este tipo de tecnologías en esta zona.

**Figura 2.** Producción acumulada (Junio-Septiembre) de materia seca de Centeno en establecimiento “San Miguel”. Rodeo Viejo. Córdoba.



Es de destacar que cuando se combino FDA + SA los niveles de MS disminuyeron, llegando a dar resultados por debajo del testigo, sin expresar el potencial del cultivo. En un trabajo similar Díaz-Zorita (1999) encontró que con aplicaciones de FDA + SA en centeno en 2 sitios distintos en el oeste bonaerense indujo a una mayor producción en todo el ciclo del cultivo, con respecto a otros tratamientos en los que mantuvo el nivel de N.

Los resultados no son satisfactorios, y se pueden alegar a varios factores, entre los cuales podemos citar como el más importante el no haber alcanzado el número de plantas que se planteo a la siembra, debido a que el cultivo fue atacado por gusano blanco (*Diloboderus abderus*) y no se hizo un control a tiempo. El número de plantas contabilizadas a los 30 días se observan a continuación en el cuadro 4.

**Cuadro 4.** Número de plantas contabilizadas entre 30-45 días posteriores a la siembra. Establecimiento “San Miguel”, Rodeo Viejo. Córdoba.

Tratamiento	plantas/m <sup>2</sup>
Testigo	112
FDA	118
Urea	120
FDA + Urea	136
FDA+ SA	110

FDA= fosfato diamónico, SA= sulfato de amonio.

Las precipitaciones también afectaron el desarrollo del cultivo. En la región semiárida pampeana y 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 (240 mm). Cabe destacar que la precipitación media normal del ciclo del cultivo (Marzo-Octubre) es de 297,7 mm mientras que en el mismo período de la campaña 2007 el registro descendió a 198 mm. Esta merma de casi 100 mm durante el ciclo del cultivo juega un rol muy importante en el rendimiento, pudiendo llegar a enmascarar las diferencias en productividad de los diferentes tratamientos.

Al respecto, resulta particularmente importante la influencia del cultivo antecesor. Así la ubicación de los verdeos en la secuencia de cultivos es uno de los aspectos mas significativos por los efectos que distintos antecesores (trigo, girasol, pastura, y en los últimos años soja) poseen sobre propiedades edáficas que condicionan su productividad (contenido de agua y nitratos), limitando en muchos casos a otras prácticas de manejo como longitud de barbecho, niveles de cobertura, respuesta a la fertilización (Quiroga, A., 2003). El lote tuvo un barbecho de aproximadamente de 60 días con buenas precipitaciones como pueden observarse en la figura 1 presentada anteriormente, pero durante el ciclo del cultivo las precipitaciones no llegaron a cubrir el requerimiento hídrico del verdeo.

Durante los primeros 60 días de establecimiento el cultivo sufrió una fuerte competencia por agua con malezas principalmente Crucíferas, momento en que se las controló, las cuales también afectaron el desarrollo del cultivo y consecuentemente en conjunto con los otros factores antes mencionados llevaron a que la calidad de implantación no haya sido buena.

Todo lo sucedido en el periodo en que se llevo a cabo la experiencia en el establecimiento “San Miguel”, condujo a que el cultivo no exprese todo su potencial.

Amigone y col (1996) plantean que el agregado de N incrementa la producción de materia seca, fundamentalmente en sitios con menos de 20 ppm de nitratos en la capa arable de los suelos, evaluados en el momento de la siembra de los cereales. Por encima de este nivel, las respuestas son aleatorias y de menor magnitud. La baja disponibilidad de agua en

el suelo, la presencia de malezas y bajas densidades de plantas junto con deficiencias en otros nutrientes como en fósforo, condicionan esta respuesta.

También puede haber influido la forma en la que se aplicó el fertilizante, esta fue al voleo al momento de la siembra y según plantea García (1996) en los sistemas de siembra directa es muy importante considerar que las aplicaciones de N en superficie, colocan al nutriente en íntimo contacto con el rastrojo, condiciones en las que el fertilizante es consumido en gran medida por los microorganismos, durante la descomposición de los residuos. Así la disponibilidad inicial para las plantas es reducida, y la liberación de formas asimilables de N, se realiza más tarde. Respecto a lo que propone García (1996) hay también una menor cantidad de N en interacción positiva entre N, P y S, lo que también se cree que influyó en la baja producción de materia seca promedio en todos los tratamientos.

Para analizar proteína bruta se hizo una muestra compuesta por tratamiento y por corte remitiéndose a laboratorio (Laboratorio INTA Marcos Juárez) y los resultados no se analizaron estadísticamente como se planteo.

En el cuadro siguiente pueden observarse los valores de proteína bruta (PB) para cada tratamiento por corte.

**Cuadro 5.** Contenido de proteína bruta (%) en centeno fertilizado con N, P y S.

Tratamiento	1º Corte	2º Corte
	22/06/2007	07/09/2007
Testigo	11.77	9.58
FDA	12.02	11.08
Urea	12.19	11.12
FDA + Urea	16.37	12.58
FDA+ SA	16.86	14.44

FDA= fosfato diamónico, SA= sulfato de amonio.

Los % de proteína bruta muestran valores superiores en los tratamientos 4 (FDA + Urea) y 5 (FDA + SA) en el primer corte cuando el cultivo estaba en estado de doble arruga. En el segundo corte cuando el cultivo estaba en encañazón el % de proteína bruta disminuye en todos los tratamientos (patrón de comportamiento habitual para este tipo de gramíneas en estado reproductivo). Esta tendencia coincide con los resultados obtenidos por Díaz-Zorita (1999) en un trabajo en el que hizo aplicaciones combinadas de N, P y S en centeno en el oeste bonaerense.

Cuando se aplico FDA + Urea, el aumento en la absorción de N por el cultivo habría inducido a aumentar el nivel de proteínas en planta. Esto indica una interacción del N y P y explica las diferencias con respecto a los tratamientos que llevaron N solo (Urea) y P y N (FDA) en bajas proporciones. Esta respuesta al fósforo se debe a que el elemento es deficiente en el lote.



Dado que los niveles de S en el suelo eran bajos se podría interpretar que los beneficios en producción de proteínas surgen de la aplicación y absorción balanceada de N y S. La diferencia en el % de proteínas en planta entre los tratamientos 5 (FDA + SA) y 4 (FDA + Urea) son atribuidas al S aplicado, ya que el N se mantuvo constante para ambos tratamientos. Los valores de PB mostraron un patrón de comportamiento habitual, pero fueron relativamente bajos si se los compara a los obtenidos por Díaz-Zorita y Duarte, 1999 en experiencias realizadas en verdeos de invierno en el oeste bonaerense en los que obtuvieron valores de PB del 26 % y 22,5 % respectivamente para los tratamientos antes mencionados.

## VII. CONCLUSIONES

La fertilización es un complemento para aumentar la producción y la calidad de l pasto producido, siempre y cuando se ajusten previamente otros factores tales como cultivo antecesor, fecha de siembra, cama de siembra, control de plagas y otras prácticas culturales.

En promedio para el establecimiento “San Miguel”, la mayor producción de forraje (kg MS/ha) acumulado en 2 cortes entre los meses de junio y septiembre se logró cuando se aplicó FDA y Urea (tratamiento 4). El % de proteína bruta mostró valores superiores en valores absolutos para los tratamientos 4 (FDA + Urea) y 5 (FDA + SA).

Los resultados obtenidos indican una baja respuesta al efecto de la fertilización. Esto fue debido al bajo stand de plantas logrado a causa de un ataque temprano de gusano blanco que no se pudo controlar, a las bajas precipitaciones durante el ciclo del cultivo y a la competencia de malezas de invierno (Crucíferas) que fueron controladas, pero en un estado avanzado de desarrollo.

La información obtenida permite orientar futuros estudios más detallados sobre el uso de esta tecnología.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- AMIGONE M.A.; A. KLOSTER; M. DOMINGUEZ y C. CHAVEZ. 1996. Densidad de siembra y fertilización de verdeos en el centro sur de Córdoba. INTA M. Juárez. Inf. N° 29.
- AMIGONE, M.A.; MONTESANO, A. y MASIERO, B. 1998. Siembra directa de verdeos de invierno. Publicación N° 1. Serie ganadera. UEE Río Cuarto, 5pp.
- AMIGONE, M.A. y MASIERO, B. 1999. Análisis físicos y económicos en producción animal. Verdeos de invierno. Fertilización nitrogenada en dos técnicas de siembra. Informe para Extensión N° 58. EEA INTA Marcos Juárez, pp 3-8.
- AMIGONE, M.A.; A. KLOSTER; A. NAVARRO; F. GARCIA. 2005. Verdeos de alta productividad para optimizar la cadena forrajera. Información para extensión n° 96. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Pp 25-34.
- AOAC, 1990. Official methods of análisis (15th Ed.) Association of Oficial Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- ARELOVICH, H. M. y R. M. RODRIGUEZ IGLESIAS. 1998. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de un verdeo avena- vicia (*Avena sativa*-*Vicia sativa*) y ganancia de peso en bovinos. Rev. APA 8 Supl. 1: 96.
- AROSTEGUY, J. C. y A. L. GARDNER. 1982. Fertilización fosfatada de pasturas: dosis óptima según tipo de suelo y relación de precios entre carne y fertilizantes. Rev. Arg. Producción. Anim. 6: 680-687.
- BATTISTA, J y L. LACOPINI (Concepción), VENTIMIGLIA y COL (9 de julio) y MAZZATI y COL (Tandil y Balcarce), 2005. Fertilización de verdeos de Ray Grass. Revista FertiPASA de PASA fertilizantes de Petrobras. Publicación N° 23 de febrero de 2006. Pp 12-15.
- BERARDO, A y N. DARWICH. 1974. Fertilización de pasturas en el sudeste bonaerense. Revista IDIA 313-318: 8-16.
- CARTA DE SUELOS DE LA REPUBLICA ARGENTINA. 1994. Hoja 3366-12 Río de los Sauces, Hoja 3366-18 Alpa Corral. Plan mapas de suelos. Córdoba. Argentina. Pp 11-62.
- CATEDRA AGROMETEOROLOGIA U.N.R.C. 2007. Estación automática campo experimental La Aguada. Serie datos climatológicos 1987-2007.
- CHENSIN, L. y G. H. YIEN. 1951. Turbidimetric determination of available sulfates. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 15: 149-151
- DE KOK, L. J., A. CASTRO, M. DURENKAMP, C. ELISABETH, E. STUIVER, S. WESTERMAN, L. YANG e I. STULEN. 2002. Sulfur in plant physiology. Pp 1-27. In: Proceedings 500. Int. Fert. Soc. York, UK.

- DIAZ-ZORITA, M. y C. GONELLA. 1995. Fertilización nitrogenada de verdeos de invierno en la región noroeste bonaerense. I. Producción primaria neta. Memorias XIV Reunión ALPA 19 Cong. AAPA. Tampico, Tamaulipas, México, 2005.
- DIAZ-ZORITA, M. y G. A. DUARTE. 1999. Experiencias de fertilización combinada para el mejoramiento de la producción forrajera en sistema de siembra directa del oeste bonaerense. I. Verdeos de invierno. Rev. INPOFOS Informaciones Agronómicas N° 9 Pp. 3-5.
- DIAZ-ZORITA, M., F. GARCIA Y R. MELGAR. 2002. Fertilización en soja y trigo-soja: respuesta a la fertilización en la región pampeana. Boletín Proyecto Fertilizar. EEA INTA Pergamino. 44 pag.
- DUARTE, G. A. 1995. Fertilización de verdeos de invierno. Resultados en el CREA América. Rev. CREA 171: 44.
- DUNCAN, D.B. 1955. Múltiple Range and Multiple F test Biometrics. 11:1.
- GARCÍA, FERNANDO, O. 1996. El ciclo del nitrógeno en ecosistemas agrícolas. En EEA INTA “Gral Villegas”, curso de capacitación y actualización para profesionales en “Fertilidad de Suelos y Fertilización”. Agosto de 1996, pp. 29-30.
- GARCÍA, FERNANDO, O. 2005. Verdeos de alta productividad para optimizar la cadena forrajera. Información para extensión INTA Marcos Juárez N° 96 julio 2005. Pp 25-34.
- GONELLA, C. y M. DIAZ-ZORITA. 1995 a. Evaluación de verdeos de invierno. EEA INTA “Gral. Villegas”. Plan de trabajo, informe anual.
- GONELLA, C. y M. DIAZ-ZORITA. 1995 b. Fertilización nitrogenada de verdeos de invierno en la región noroeste bonaerense. II. Producción de carne. (resultados preliminares). Memorias XIV Reunión ALPA 19 Cong. AAPA.
- GONZALEZ, A., A. PERTICARI, B. ESTEGMAN de GURFINKEL, B y E. RODRIGUEZ CACERES 1997. Nutrición nitrogenada. En: El cultivo de soja en la Argentina. Giorda y Baigorri (eds). Agro 4 de Córdoba. Editar, San Juan. pp. 187-198.
- GRIFFITH, W. K. y L. S. MURPHY 1996. Macronutrients in forage production. Pp 13-28. In: Joost, R. E. y C. A. Roberts (eds) Proc. Symp. “Nutrient cycling in forage systems”. Columbia. Missouri. USA.
- INDEC, 2002. Superficie total de las EAP con límites definidos, por tipo de uso de la tierra, según provincia. Total del país. Año 2002. (Online). Disponible en: <http://www.indec.mecom.gov.ar>. (consultado el 29 de marzo de 2005). En Fertilidad de suelos y Fertilización de cultivos. Ediciones INTA. Buenos aires, Argentina.
- MARINO, M., A. MAZZANTI, H. ECHEVERRIA Y F. ANDRADE. 1996a. Fertilización nitrogenada de cultivos forrajeros invernales. 1. Acumulación de forraje. Actas 20 Cong. AAPA, 249-250.

- MARINO, M., A. MAZZANTI, H. ECHEVERRIA Y F. ANDRADE. 1996b. Fertilización nitrogenada de cultivos forrajeros invernales. 2. Eficiencia en el uso de la radiación. Actas 20 Cong. AAPA, 249-250.
- MARTINEZ, F. y G. CORDONE. 1998. Fertilización azufrada en soja. Jornadas de azufre. UEEA INTA Casilda, Septiembre 1998. Casilda, Santa Fe, Argentina.
- MARTINEZ, F. Y G. CORDONE. 2000. Avances en el manejo de azufre: Novedades en respuesta y diagnostico en trigo, soja y maíz. En Jornada de Actualización Técnica para profesionales "Fertilidad 2000". INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
- MELGAR, R. y M. DIAZ-ZORITA. 1997. La Fertilización de Cultivos y Pasturas. Editorial Hemisferio Sur. Primera Edición. Buenos Aires. Argentina.
- MONTESANO, A. y AMIGONE, M.A. 2000. Fertilización nitrogenada de verdeos de invierno. Publicación N° 2, Serie Ganadera. UEE Río Cuarto, 4pp.
- MURPHY, M. D. y T. O'DONNELL. 1989. Sulphur deficiency in herbage in Ireland. Irish J. Agric. Res. 28: 79-90.
- PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. 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.
- QUINTERO, C. E. y N. G. BOSCHETTI. 1995. Manejo del fósforo en pasturas. Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNER.
- QUINTERO, C. E., y N. G. BOSCHETTI, y N. A. BENAVIDEZ. 1995. Fertilización fosfatada de pasturas en implantación en suelos de Entre Ríos (Argentina). Ciencias del Suelo. AACS. 13(2):60-65. En [www.fertilizando.com/articulos/Manejo%20Fosforo%20en%20Pasturas.asp](http://www.fertilizando.com/articulos/Manejo%20Fosforo%20en%20Pasturas.asp). Consultado el 15/12/06.
- QUIROGA, A. R. y O. ORMEÑO, 1996. Fertilización de verdeos de invierno – región semiárida pampeana. En EEA INTA "Gral. Villegas", curso de capacitación y actualización para profesionales en "Fertilidad de suelos y Fertilización". Agosto de 1996, pp. 50-59.
- QUIROGA, A. R. y O. ORMEÑO, 1999. Verdeos de invierno. La fertilización nitrogenada permite aumentar la productividad. Revista CREA. Año XXXIV, N° 220, pp. 70-72. AACREA Buenos Aires, Argentina.
- QUIROGA, A., O. ORMEÑO, D. FERNANDEZ y A. VALLEJO. 1999 (a). Verdeos de invierno. Pautas para un manejo eficiente. Revista CREA. Año XXXIV, N° 221, pp. 66-72. AACREA Buenos Aires, Argentina.
- QUIROGA, A., O. ORMEÑO, D. FERNANDEZ Y A. VALLEJOS. 1999 (b). Verdeos de Invierno. Necesidad de reconocer y manejar limitantes de su productividad en los

- suelos de la región semiárida pampeana. Boletín de divulgación Técnica N° 61, EEA INTA Anguil, 22 Pp.
- QUIROGA, A. 2003. Verdeos de Invierno: Requerimientos de Agua y Nutrientes. En <http://www.fertilizando.com/articulos/Verdeos%20de%20Invierno%20-%20Requerimientos%20de%20Agua%20y%20Nutrientes.asp>. Consultado el 8/10/08.
- RAMIG, R. E.; P. E. RASMUSSEN; R. R. ALLMARAS y C. M. SMITH. 1975. Nitrogen-Sulfur relations in soft white winter wheat. I. Yield response to fertilizer and residual sulfur. *Agron. J.* 67:219-224.
- RASMUSSEN, P. E. y P. O. KRESGE. 1986. Plant response to sulfur in the western United States. In. *Sulfur in Agriculture. Agronomy Monograph. Number 27.* ASA-CSSA-SSSA. Madison, Wisconsin. USA. 357-374.
- SAGPYA, 2007. Principales cultivos de la republica Argentina. En [www.sagpya.mecom.gov.ar/new/o-agricultura/otros/estimaciones/cultivos/industriales.php](http://www.sagpya.mecom.gov.ar/new/o-agricultura/otros/estimaciones/cultivos/industriales.php). Consultado el 22/08/08.
- SALVAGIOTTI, F., D. MIRALLES, J. CASTELLARIN Y H. PEDROL. 2004. La fertilización azufrada incrementa la absorción y la eficiencia en el uso del nitrógeno en trigo. (CD rom). Congreso Argentino de la ciencia del suelo, 19, Paraná, 22-25 junio 2004. AACCS, Paraná, Entre Ríos, Argentina
- SEILER, R., R. FABRICIUS, V. ROTONDO y M. VINOCUR. 1995. Agro climatología de Río Cuarto – 1974 / 1993. Volumen I. UNRC. p:41
- SKINNER, R. J. 1987. Growth responses in grass to sulphur fertilizer. Pp 525-535. In: *Proct. Int. Symp. On elemental Sulphur in agriculture. Vol 2.* Syndicat Francais du Sufre, Marseille, Francia.
- TABATABAI, M. A. (ed). 1986. *Sulfur in agriculture.* ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA.
- TISDALE, S., W. NELSON y J. BEATON 1993. *Soil Fertility and Fertilizers.* MacMillan. 4ta Edición
- TORRES DUGGAN, M. y R., MELGAR 2005. E.E.A. INTA Pergamino. Manejo de la fertilización en Verdeos invernales. En [www.produccionbovina.com](http://www.produccionbovina.com) . Consultado el 12/11/06.
- VENTIMIGLIA, L. A., H. CARTA, S. NILO 2004. Azufre un Caballo sin Domar. En [www.fertilizar.org/articulos/Azufre%20-%20nun%20%20Caballo%20sinDomar.htm](http://www.fertilizar.org/articulos/Azufre%20-%20nun%20%20Caballo%20sinDomar.htm) . Consultado el 27/04/04.
- VIVAS, H. y W, HANSEN 1996. Corrección del fósforo edáfico en una rotación agrícola del centro-este de la provincia de Santa Fe. I. Producción de trigo. Campaña 1995. Pp 6.

- VIVAS, H. S., H. FONTANETTO, R. ALBRECHT Y J. L., HOTIAN 2001. Fertilización con fósforo y azufre para la producción de trigo en el departamentote San Jerónimo. 2000/01. INTA EEA Rafaela
- VIVAS, H. S. 2003. Fertilizando el suelo: Residualidad de los fertilizantes en rotaciones de cultivos y pasturas. INTA, Estación experimental Agropecuaria Rafaela. XI Congreso deAAPRESID, “Simposio de fertilidad y fertilización en siembra directa”. Bolsa de comercio de Rosario. 26 al 29 de agosto de 2003.
- WHITEHEAD, D. C. 1995. Grassland nitrógeno. CAB International Walligford, Oxon OX 10 8 DE, UK.
- ZAMOLINSKI, A. F., E. LETELIER. 1974. Efecto de distintas dosis de nitrógeno, épocas de aplicación y densidad de siembra sobre la producción de sorgo forrajero. Actas II Reunión nacional de Fertilidad y Fertilizantes, Buenos Aires, 265-276.
- ZAMOLINSKI, A., J. CASTRONOVO, E. LETELIER. 1976. Efecto de diversas pasturas, fertilizantes y manejos de suelos sobre su productividad y la economía del agua y del nitrógeno. I. Resultados del primer ciclo operacional. IDIA Supl/7 a. Reunión de suelos. Pp. 287-297.
- ZANONIANI, R., F. DUCAMP y M. BRUNI. 2003. Utilización de verdeos de invierno en sistemas de producción animal. En [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_cultivadas\\_verdeos\\_invierno/66-verdeos.htm](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/66-verdeos.htm). Consultado el 22/08/08.