

**¿QUE ESTRATEGIA ADOPTAR PARA LA FERTILIZACION?
ENSAYO DE LARGA DURACION EN LA SECUENCIA MAIZ-SOJA-CEBADA
/SOJA-TRIGO/SOJA, DE LA CAMPAÑA 2007/2008.**

Los ingenieros agrónomos Gustavo Ferraris, Lucrecia Couretot, (INTA Pergamino) Mirta Toribio (Profertil) y Ricardo Falconi (El Ceibo Cereales) en la campaña 2006/2007 diseñaron un ensayo de estrategias de fertilización en la secuencia maíz-soja-trigo / soja-cebada / soja. ¿El objetivo? Estudiar la evolución en el tiempo de los rendimientos, el balance de nutrientes y las propiedades químicas del suelo.

El ensayo es conducido en la localidad de Arribeños, partido de General Arenales, en el noroeste bonaerense y el primero de los cultivos implantados fue maíz. El trabajo continuó en la campaña 2007/2008 con siembra de soja.

Fue planteado un diseño en bloques al azar, con cuatro repeticiones y se mantendrá por un plazo mínimo de cuatro años, abarcando una rotación maíz-soja-cebada /soja de 2da. – trigo /soja de 2da. El inicio de la secuencia se realizó con el cultivo de maíz, como se dijo, y la variedad de soja sembrada fue Nidera 413 RG.

Resultados

Rendimiento de maíz y su efecto sobre el balance de nutrientes y las propiedades químicas del suelo. En el cultivo de maíz implantado durante la campaña 2007/2008 se determinaron diferencias significativas entre tratamientos en los rendimientos de grano. Los tratamientos de máxima dosis de nitrógeno, alcanzaron los mayores niveles de productividad, no difiriendo significativamente entre sí, aun cuando el tratamiento de reconstrucción de fósforo, alcanzara una producción de 350 kg/ha por sobre el de mantenimiento.

A partir de las dosis de NPS (nitrógeno, fósforo, azufre) y la extracción de nutrientes cuantificada en base a los rendimientos y la concentración de nutrientes en grano, se puede establecer el balance de nutrientes.

El balance fue deficitario para todas las estrategias en cuanto a nitrógeno, y también fue deficitario para las dos primeras estrategias (Testigo y Tecnología de Uso Actual - TUA) en el caso de fósforo y azufre. A su vez, la magnitud de este balance difirió considerablemente entre tratamientos, siendo más positivo en el tratamiento de reconstrucción, mientras que el más negativo fue el testigo.

Luego de la cosecha de maíz y previo a la siembra de soja se realizó un análisis completo de suelo por parcela. El fósforo es el nutriente en el que, a causa de su baja movilidad, es más fácil cuantificar cambios en su concentración, asociados a procesos de ganancia o empobrecimiento en el suelo.

Luego de un año de experimentos, los tratamientos de reposición presentaron un mayor nivel de fósforo en el suelo con relación a postratamientos de suficiencia.

Los rendimientos no se asociaron al nivel de nitrógeno, azufre, pH y materia orgánica a la cosecha del ensayo.

Rendimientos de soja. Se determinaron diferencias importantes en los rendimientos de soja. El tratamiento de máxima (T5, reconstrucción de fósforo) superó significativamente al resto de los tratamientos fertilizados y, a la vez, estos superaron al testigo.

“Las diferencias de rendimiento entre el tratamiento de máxima fertilización y el testigo alcanzaron a un 49% en maíz y un 29% en soja. Evidentemente, aquel cultivo es más sensible que éste a deficiencias nutricionales intensas. Esto se debería, al menos en parte, a que la soja es capaz de proveerse de nitrógeno por el mecanismo de fijación biológica. Las diferencias en soja serían atribuibles así, al efecto residual y directo del fósforo y el azufre aportados al antecesor maíz y a la soja del presente año, respectivamente.

“A la vez es esperable una mejora en las propiedades físicas y biológicas en los mejores tratamientos, así como en la disponibilidad de otros nutrientes no monitoreados en esta experiencia, como consecuencia de los mayores niveles de crecimiento aéreo y radicular, y el superior aporte de residuos derivados de un tratamiento con mejores rendimientos”, indica el informe técnico.

Consideraciones finales

Los técnicos responsables del ensayo concluyen en esta etapa de su trabajo, que:

- Las estrategias de fertilización efectuadas en maíz, además de impactar en los rendimientos, modificaron el balance de nutrientes y se correlacionaron con los niveles finales de fósforo en suelo.
- Las estrategias de suficiencia, reposición o reconstrucción de fósforo, generan cambios previsibles de su disponibilidad en el suelo. Durante el primer año del experimento, la tasa de cambio fue de 1 mg/kg de P Bray (0-20 cm) por cada 10,7 kg P /ha de diferencia entre agregado y extracción.
- El cultivo de soja experimentó incrementos en los rendimientos como resultado directo y residual de las estrategias de fertilización. La magnitud de las diferencias alcanzadas en el tratamiento de máxima es difícilmente alcanzable por efecto de la fertilización en el mismo año, y reflejan los beneficios del remanente de nutrientes aplicado en el año anterior y la mejoría del ambiente, producto de mayores rendimientos.

Efecto de la fertilización con nitrógeno, azufre y boro sobre la producción de materia seca y el rendimiento de grano con destino a semilla en raigrás anual.

Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino

- Ing. Agr. Gustavo N. Ferraris · Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino
- Ing. Agr. Lucrecia A. Couretot · Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino
- Ing. Agr. Fabio Prats Pasa · Fertilizantes -Petrobras
- Ing. Agr. Héctor Targhetta · Barenbrug Palaversich

PALABRAS CLAVES: ALFALFA, FERTILIZACIÓN, FÓSFORO, AZUFRE, CALCIO, MICRONUTRIENTES, MATERIA SECA

En la Región Pampeana Argentina, los sistemas ganaderos compiten fuertemente con la producción de granos, y por este motivo, ocupan una superficie restringida y, en general, ambientes de baja a media potencialidad de producción. Para generar sistemas ganaderos altamente competitivos, es necesario incrementar su productividad, lo cual depende en gran medida del incremento y la estabilización de la oferta forrajera a lo largo del año (Rearte, 2003).

Un factor que habitualmente restringe el crecimiento de las especies forrajeras es el abastecimiento de nutrientes minerales, dentro de los cuales, por la magnitud de su demanda y su variabilidad espacial y temporal se destacan, en ese orden, el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el azufre (S).

Las gramíneas forrajeras como raigrás, cebadilla, festuca, pasto ovillo y otras, responden incrementando su producción de materia seca (MSeca) en forma lineal en un amplio rango de dosis, de hasta 150 kgN ha⁻¹ (Marino y Agnusdei, 2005). Carta et al., (2004)

en el área de 9 de Julio (Bs As), lograron duplicar la producción de raigrás anual como promedio de tres años de ensayos, agregando dosis de hasta 200 kgN ha⁻¹. La pendiente de esta relación indica una eficiencia de uso de N (EUN) media para los tres años de 34 kg MSeca:kg N aplicado. En otra experiencia realizada en Bolívar, Ojuez et al, (2006) determinaron incrementos de un 50 % en la producción de Mseca al incrementar la dosis de N de 32 a 64 kgN ha⁻¹ cuando la pastura mantuvo una buena condición hídrica producto de un barbecho previo a la siembra, y ausencia de respuesta cuando la implantación se realizó sin este barbecho. La EUN para la dosis de 64 kg con barbecho previo fue de 26 kg MSeca:kg N aplicado. En todos los casos, las respuestas observadas permitieron incrementar la oferta forrajera, anticipar el crecimiento y con ello la utilización de la pastura, estabilizar la oferta a lo largo del ciclo y, en definitiva, aumentar la productividad animal.

Por otra parte, cuando se analiza la respuesta a otros nutrientes como azufre (S), micronutrientes o aún N en aplicaciones tardías sobre pasturas, existe poca información como para realizar reco-

mendaciones definitivas. Esto mismo sucede cuando se analiza la respuesta en rendimiento de grano con destino a la producción de semillas forrajeras, lo cual ha sido poco estudiado hasta el momento. En vistas a responder a estos interrogantes, se realizó un ensayo cuyo objetivo fue evaluar la respuesta en producción de MSeca, rendimiento y otros parámetros morfológicos del raigrás anual (*Lolium multiflorum* Lam.) al agregado de N, S, N foliar y B foliar.

Materiales y métodos

Se realizaron dos ensayos de campo durante los años 2006 y 2007. En ambos casos, fueron realizados en la localidad de Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino, Argiudol típico. Para la

siembra se emplearon las variedades de raigrás anual Barturbo en 2006, y Jumbo en 2007. En el primer año, el sitio experimental fue fertilizado a la siembra con 50 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico (18-20-0) y 100 kg ha⁻¹ de la misma fuente al voleo en macollaje, de manera uniforme para todo el ensayo, y sobre esta base se instalaron los tratamientos de fertilización. Para el segundo año no se realizó una fertilización previa del sitio experimental. La siembra se realizó el día 16 de Mayo. Previo al inicio del ensayo se realizaron análisis de suelo, cuyos resultados se indican en la Tabla 1.

Para realizar los experimentos se utilizó un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos evaluados se detallan en las Tablas 2 y 3.

Tabla 1: Análisis de suelo al momento de realizar los tratamientos.

Prof	pH	Conductividad	Materia Orgánica	N total	P-disp.	N-Nitratos	N suelo	S-Sulfatos
		(Ds/m)						
Cm		agua 1:2,5	%	ppm	ppm	kg ha ⁻¹	ppm	
Año 2006								
0-20	5,9	0,13	3,48	0,174	16	14	35	12
20-40						7	18	
40-60						3	8	
							61	
Año 2007								
0-20	5,9	0,44	2,74	0,137	18	15	38	2
20-40						5	13	
40-60						3	8	
							58	

Tabla 2: Tratamientos evaluados durante el año 2006. Pergamino, fertilización en Raigrás.

Tratamiento	Dosis N kg ha ⁻¹	Dosis S kg ha ⁻¹	Dosis B kg ha ⁻¹	Fuentes	Momento aplicación	Estado cultivo
Testigo	.	.	.			
N50	50	.	.	UAN	7-set	macollaje
N50 S15	50	15		UAN	7-set	macollaje
				TSA		
N50 S15 N20f	50 +	15		UAN, TSA	7-set	macollaje
	20			Urea Foliar	14 set (foliar)	
N50 S15 N20f B	50 +	15	0,27	UAN, TSA	7-set	macollaje
	20			Urea Foliar, Boro foliar	14 set (foliar)	

Tabla 3: Tratamientos evaluados durante el año 2007. Pergamino, fertilización en Raigrás.

Tratamiento	Dosis P kg ha-1	Dosis N kg ha-1	Dosis S kg ha-1	Fuentes	Momento aplicación	Estado cultivo
Testigo	.	.	.			
P20	20			SPT	25-May	siembra
						(voleo)
P10 N23	10	23		SPT	25-May	siembra
				Urea		(voleo)
P20 N50	20	50		SPT	25-May	siembra
				UAN		
P20 N100	20	100		SPT	25-May	siembra
				UAN		
P20 N50 S15	20	50	15	PDA, UAN	25-May	siembra
				TSA		
P20 N100 S15	20	100	15	UAN, TSA	25-May	siembra
				Urea Foliar		
P20 N50 S15		50 +		PDA, UAN	25-May	siembra
N20f	20	20	15	TSA, Urea Foliar	20-set (foliar)	dos nudos
P20 N100 S15		100 +		PDA, UAN	25-May	siembra
N20f	20	20	15	TSA, Urea Foliar	20 set (foliar)	dos nudos

DAP (18-46-0-0); SPT (0-20-0); UAN: (32-0-0); TSA (12-0-0-26S); Urea foliar (20-0-0);

Entre las variables evaluadas, se determinó materia seca en dos (año 2006) o tres cortes (año 2007), longitud de planta entera y de la panoja, número de panojas m-2 y rendimiento de grano destinado a la producción de semilla. Los datos fueron analizados por análisis de la varianza y, cuando se determinaron diferencias significativas, se realizaron comparaciones de medias entre tratamientos.

Los valores de las variables evaluadas se presentan en la Tabla 4. Se determinaron diferencias estadísticamente significativas para MSeca 1er corte, Mseca 2do corte, MSeca total y Rendimiento

Resultados y discusión:

A) Características climáticas de la campaña

En los dos años de ensayo el patrón de lluvias fue similar. Las precipitaciones fueron muy escasas durante todo el invierno (Figura 1), y en la primavera retornaron las lluvias lo que sumado a temperaturas más benignas posibilitó que el crecimiento el cultivo se incrementara notablemente.

B) Efecto de la fertilización sobre la acumulación de M Seca, el rendimiento y otros parámetros de crecimiento.

B1) Año 2006

Figura 1: Precipitaciones decádicas acumuladas para la localidad de Pergamino, durante los años 2006 y 2007.

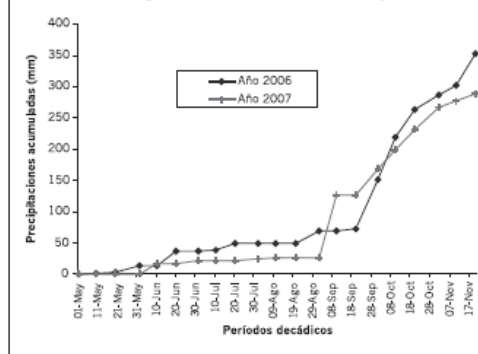


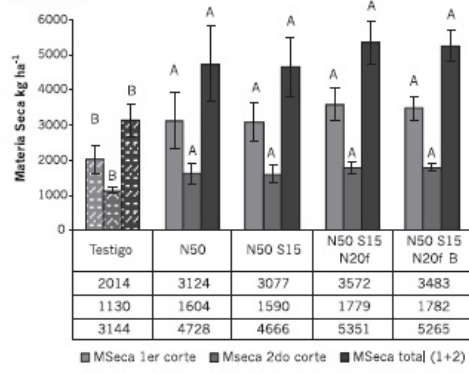
Tabla 4: Materia seca acumulada en dos cortes, rendimiento y otras variables de cultivo. Fertilización en raigrás, Pergamino, año 2006.

	MSeca 1er Corte (kg ha ⁻¹)	MSeca 2do Corte (kg ha ⁻¹)	MSeca total (kg ha ⁻¹)	Longitud panoja (cm)	Panojas m ⁻²	Rendimiento grano (kg ha ⁻¹)
Testigo	2014	1130	3144	27	150	510
N50	3124	1604	4728	28	182	620
N50 S15	3077	1590	4666	29	182	780
N50 S15 N20f	3572	1779	5351	28	169	740
N50 S15 N20f B	3483	1782	5265	28	152	600
P=	0,008	0,004	0,006	0,93 n.s.	0,33 n.s.	0,006
CV (%)	17	12,8	15,5	9,9	16,4	13,5

grano para semilla (kg ha⁻¹). Los tratamientos con agregado de N superaron al testigo en producción de Mseca en todos los cortes (Figura 2). La aplicación de N foliar produjo una tendencia no significativa aunque destacable en producción de Mseca en ambos cortes. Como ha sido mencionado en reiteradas ocasiones, las gramíneas incrementan la producción de tejidos verdes hasta dosis muy elevadas de N, hasta un punto tal que es difícil alcanzar los techos de producción con las dosis que habitualmente se emplean a nivel de campo. Estos resultados permitieron plantear la hipótesis de que era posible obtener respuesta en producción de Mseca hasta dosis mayores de N, la cual fue evaluada al año siguiente aplicando 100 kg N ha⁻¹.

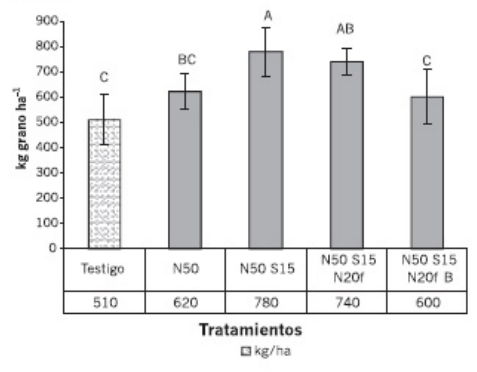
Los tratamientos difirieron estadísticamente en la producción de

Figura 2: Materia seca acumulada en 1er corte (24-octubre), 2do corte (28-noviembre) y acumulada en ambos cortes, por la aplicación de diferentes tratamientos de fertilización con nitrógeno, azufre y boro en raigrás, Ensayo año 2006, Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, para una misma fecha de corte. Las barras de error indican la desviación Standard de la media.



granos para semilla. Se registró una tendencia incremental por el agregado de N, y un efecto significativo de S sobre los rendimientos (Figura 3). El N foliar y el B no mejoraron la producción de grano.

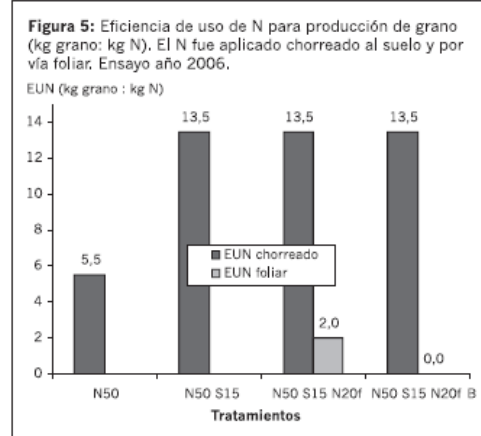
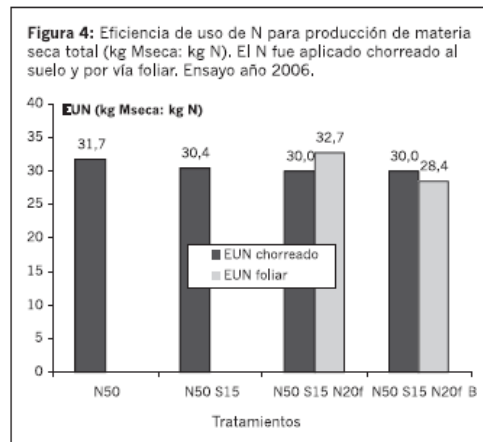
Figura 3: Rendimiento de grano destinado a la producción de semilla, como resultado de la aplicación de diferentes tratamientos de fertilización con nitrógeno, azufre y boro en raigrás, Ensayo año 2006, Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Las barras de error indican la desviación Standard de la media.



La EUN es una medida de la cantidad de crecimiento y rendimiento acumulado por unidad de N agregado. La misma fue alta y muy similar para el N chorreado y foliar, respectivamente, alcanzando un rango de 28 a 32 kg Mseca total : kg N (Figura 4). Esta eficiencia estuvo en el orden de las observadas por Carta et al., (2004) y por Ojuez et al., (2006) en el centro de la provincia de Buenos Aires. En el caso de la producción de grano, sólo el agregado de N como UAN o TSA chorreado al suelo incrementó el rendimiento. La EUN alcanzó a 5,5 para N solo, y aumentó hasta 13,5 cuando se agregó en forma conjunta S (Figura 5), representando así un caso de sinergismo entre nutrientes.

B2) Año 2007

La cuantificación de las variables evaluadas y su análisis estadístico se presentan en la Tabla 5.



1er y 2do corte (Tabla 5 y Figura 6). El P incrementó ligeramente la producción de Mseca en todos los cortes, aunque las diferencias no fueron significativas. La producción total de Mseca fue considerablemente superior a la del primer año, lo cual puede atribuirse a un efecto de año, cultivar, fecha de siembra y a la utilización de una dosis máxima de N superior en este año, respecto de aquel.

Se determinaron diferencias significativas en producción en el 1er, 2do y 3er corte de MSeca así como en el total acumulado. En el resto de las variables no se observaron diferencias entre tratamientos. Sin embargo, para rendimiento y sus componentes se observó una tendencia favorable en los tratamientos fertilizados. El testigo alcanzó una producción de Materia seca de 0,45, 0,51, 0,52 y 0,52 con relación al tratamiento de mejor performance, para el 1ero, 2do, 3er corte y el total acumulado, respectivamente. Los incrementos de mayor importancia se obtuvieron por efecto del N y hasta la dosis máxima de 100 kg Nha-1, aun cuando el uso adicional de 15 kg S ha-1 permitió alcanzar el techo productivo en el

Los tratamientos no difirieron estadísticamente en la producción de granos destinados a semilla (Figura 7), aun cuando los rendimientos del testigo alcanzaron un valor relativo de 0,79 respecto de los de mayor productividad. Las tendencias observadas indican que, cuando se utilizó una dosis de 50 kg Nha-1, el agregado de S mejoró los rendimientos, tendencia que fue anulada a la dosis máxima de N, de 100 kg ha-1. Del mismo modo, el uso de P aumentó los rendimientos en un 6%. Para ambos años de ensayo, no se observó una relación clara entre rendimiento y MSeca total

Tabla 5: Materia seca acumulada en dos cortes, rendimiento y otras variables de cultivo. Fertilización en raigrás, Pergamino, año 2007.

MSeca 1er Corte (kgha-1)	MSeca 2do Corte (kgha-1)	MSeca 3er Corte (kgha-1)	MSeca total (kgha-1)	Altura planta (m)	Panojas m-2	Rendimiento grano (kg ha-1)	Peso 1000 (g)	Granos /m2
931	1495	2086	4512	1,04	276	418	2,8	1504
1006	1588	2258	4851	0,87	293	444	2,97	1519
1155	1810	2059	5024	0,97	266	445	2,95	1504
1507	2234	3199	6940	1,08	285	460	2,87	1611
1826	2645	4481	8953	1,09	212	499	2,69	1893
1567	2477	3522	7566	1,01	245	504	2,76	1830
2051	2905	3573	8529	1,03	274	485	3	1622
1643	2501	3461	7606	0,94	230	529	2,65	2070
1812	2876	3985	8674	1,05	243	491	2,88	1638
0,000	0,000	0,000	0,000	0,10 n.s.	0,23 n.s.	0,12	0,69 n.s.	0,18 n.s.
14%	14,50%	19,10%	11,60%	10,30%	17,60%	11,10%	10,50%	19,10%

acumulada (Figura 8), lo que podría estar indicando cierta variabilidad en los valores de rendimiento, cuya tendencia es menos clara que en producción de Mseca. La pendiente de la relación es mayor para el primer año, lo cual estaría reflejando que el efecto de tratamiento sobre la producción de Mseca se habría trasladado a la producción de grano para semilla en mayor medida que en el ensayo del segundo año.

Para producción de Mseca, la EUN aplicado en forma chorreada fue muy alta, y se redujo poco al incrementar la dosis de 50 a 100 kg ha⁻¹. En cambio la EUN foliar fue baja. Asimismo, la EUS fue destacada a la dosis de 50 kg Nha-1 (Figura 9). La EUP igualmente alcanzó un valor adecuado, aún cuando fuera agregado en forma superficial. Para rendimiento, los valores más altos de eficiencia se alcanzaron mediante la combinación de 20 kgP, 50 kgN y 15 kg Sha-1. Es evidente que el óptimo para rendimiento se alcanzó con una combinación de nutrientes aplicados y dosis diferente que en el caso de Mseca.

Conclusiones:

En el ensayo del año 2006, se determinó un efecto positivo del N chorreado sobre la producción de Mverde, Mseca y los rendimien-

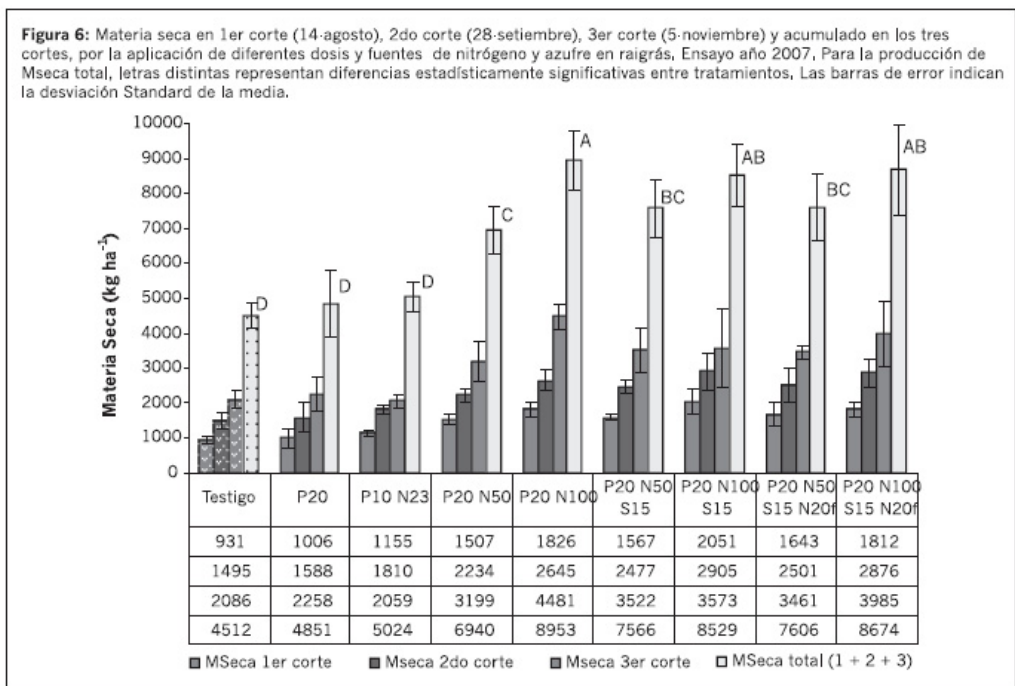
tos de raigrás. El N foliar incrementó la producción de Mseca, y el S produjo el mismo efecto sobre la producción de grano. De acuerdo con los resultados observados en este ensayo, micronutrientes como B no parecerían ser aún limitantes en la producción de materia seca y grano de esta especie.

En 2007, se observó una respuesta lineal al N chorreado al suelo en producción de materia seca, en todo el rango de dosis aplicado. Igualmente, se visualizó una tendencia no significativa, en el caso de la dosis menor de este nutriente. El S mejoró la producción de Mseca y rendimiento a la dosis de N50, y el P incrementó estas dos variables en un 7,5 y 6 %, respectivamente, aunque para ambos nutrientes estas diferencias no fueron significativas. De este modo, la combinación óptima para producción de Mseca habría sido de P20 N100 y para rendimiento de P20 N50 S15.

Como sucediera con otras gramíneas, el raigrás demostró una elevada capacidad de respuesta a una mejora en la fertilidad nitrogenada y nitrógeno-azufrada, tanto en producción de Mseca como de grano destinado a la producción de semilla.

Bibliografía:

- Carta, H., S. Rillo, P. Richmond y L. Ventimiglia. 2004. Raigrás



anual. Resultados de tres años de Fertilización Nitrogenada. En: Experimentación en campos de Productores. UEEA 9 de Julio. Proyectos Regionales Agrícola y Ganadero. pp11-19.

• Rearte, D. 2003. Capítulo 2: Distribución regional de la ganadería argentina. En: Cría vacuna. Cuaderno de Actualización Técnica N°66. Septiembre 2003. CREA.

• Marino, M. y M. Agnusdei. 2005 Abastecimiento de P y N en pasturas. Claves para una ganadería productiva y sustentable. En: Simposio "Fertilidad 2005". Nutrición, Producción y Ambiente. pp 48-55.

• Ojuez, C., Lauric, A., Siolotto, Ferraris, G., Scheneiter, O. 2005. Efecto del barbecho y la fertilización nitrogenada sobre la producción de forraje de raigrás anual. EN: Pasturas en Siembra Directa. Revista técnica de AAPRESID.

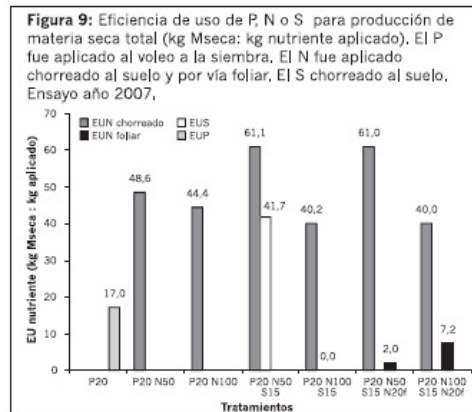
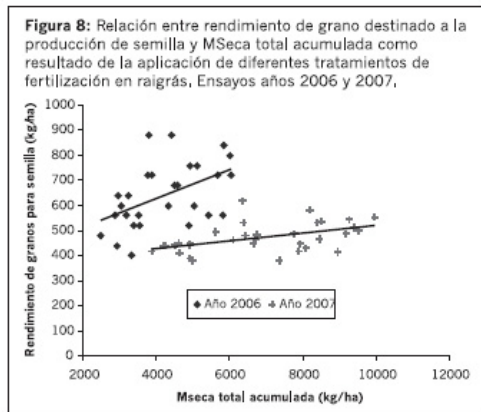
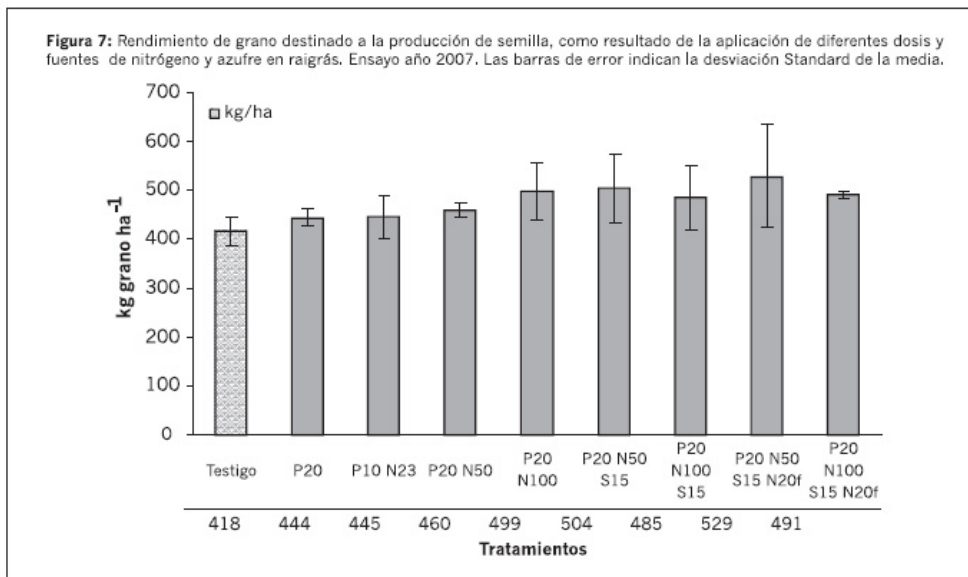


Figura 10: Eficiencia de uso de P, N o S para producción de grano destinado a semilla (kg grano: kg nutriente aplicado). El P fue aplicado al voleo a la siembra. El N fue aplicado chorreado al suelo y por vía foliar. El S chorreado al suelo. Ensayo año 2007.

