



Proyecto Regional Agrícola Desarrollo Rural INTA PERGAMINO

EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS Y MOMENTOS DE APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y SU INTERACCIÓN CON EL AZÚFRE UTILIZANDO FUENTES LÍQUIDAS EN EL NORTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES campaña 2006/07

(1) Ing. Agr. (MSc) Gustavo N. Ferraris

(1) Ing. Agr. Lucrecia A. Couretot

(2) Ing. Agr. Fernando Mousegne

(2) Ing. Agr. Marcelo López de Sabando

(3) Ing. Agr. Ricardo Pontoni

(3) Ing. Agr. Ramón Solá

Introducción

El nitrógeno (N) es el principal elemento en la nutrición del cultivo de Maíz. La obtención de rendimientos elevados siempre está asociada a una elevada eficiencia de uso de N (EUN), ya que su disponibilidad es limitante en la mayor parte de los suelos pampeanos y, aunque los cultivos son suplementados mediante fertilización, es habitual que se lo haga en dosis subóptimas. Con el objetivo de lograr elevadas EUN, se han desarrollado criterios de diagnóstico, herramientas de simulación y predicción de la respuesta esperable, y se han realizado numerosos experimentos destinados a evaluar momentos y formas de aplicación. Sin embargo, la mayoría de estos ensayos fueron realizados utilizando fuentes sólidas, y no se cuenta con demasiada información zonal acerca de tecnología de aplicación de fertilizantes líquidos. Uno de los aspectos menos explorados es el de los momentos de aplicación de estos fertilizantes, ya que se asume que en forma temprana (i.e. siembra) se utilizan fuentes sólidas, y para realizar aplicaciones diferidas alrededor del estado de 6 hojas se utilizan líquidos.

Por otra parte, el aumento de los rendimientos y la ya definitivamente instalada rotación agrícola permanente de la mayoría de los lotes con aptitud para la siembra de cultivos de grano ha provocado la aparición de deficiencias de otro nutriente como es el azufre (S). La similitud de N y S en cuanto a su dinámica y movilidad en el suelo, funciones en la planta y requerimientos de manejo hacen posible su aplicación en forma conjunta, y la mezcla de fertilizantes líquidos es una vía apropiada para llevarlo a cabo de manera práctica y eficiente.

En un ensayo realizado en la localidad de Colón (Bs As) durante la campaña 2005/06 por nuestro grupo de trabajo, se determinó efecto significativo de N sobre los rendimientos, sin diferencia entre dosis (N60 y N120) y momento de aplicación (V2 y V6), efecto de S y ausencia de interacción NxS. Con la finalidad de generar mayor información local sobre el tema, se condujo un ensayo cuyo objetivo fue evaluar la respuesta a dos dosis de N en dos momentos diferentes del ciclo de cultivo, en ausencia o presencia de S, utilizando fertilizantes líquidos, en tres localidades del norte de la provincia de Bs As

Materiales y métodos

Los ensayos fueron realizados en las localidades de La Trinidad (partido de General Arenales), Arrecifes y San Antonio de Areco, en todos los casos en siembra directa. Algunas características salientes de sitio y manejo de los experimentos se presentan en la Tabla 1.

(1) Técnicos de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino

(2) Técnicos de Agencia de Extensión Rural San Antonio de Areco INTA EEA Pergamino

(3) Técnicos de Agencia de Extensión Rural Arrecifes INTA EEA Pergamino

Tabla 1: Características salientes de los sitios experimentales.

Factor	La Trinidad	Arrecifes	S. A. de Areco
Serie de Suelo	Rojas	Arroyo Dulce	Capitán Sarmiento
Tipo de Suelo	Argiudol típico	Argiudol típico	Argiudol típico
Antecesor	Trigo/Soja	Soja 1ra.	Soja 1ra.
Hibrido sembrado	Dow Mass 494 MG	Pioneer 31Y04	LT 622 MG
Fecha de siembra	17-Noviembre	9-October	29-Septiembre
Esp. e/ hileras (m)	0,52	0,70	0,70
Densidad lograda (pl/ha)	80000	82000	75000

La disponibilidad de fósforo (P) fue cubierta mediante la aplicación de 20 kg/ha de P (100 kg/ha Superfosfato triple de calcio) en banda al costado de la línea de siembra.

Para conducir los experimentos se utilizó un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. Los tratamientos evaluados se presentan en la Tabla 2. Todos los fertilizantes fueron aplicados mediante chorreado en el centro de los entresurcos.

Tabla 2: Tratamientos evaluados. Fertilización nitrógeno-azufrada en Maíz, ensayos las Trinidad, Arrecifes, San Antonio de Areco, campaña 2006/07.

Tratamiento	Dosis N kg/ha	Dosis S kg/ha	Momento aplicación	Fuentes Fertilizante
T0	0	0		-----
T1	60	0	siembra	UAN (32-0-0)
T2	60	15	siembra	UAN (32-0-0) Tiosulfato de amonio (12-0-0-26S)
T3	120	0	siembra	UAN (32-0-0)
T4	120	15	siembra	UAN (32-0-0) Tiosulfato de amonio (12-0-0-26S)
T5	60	0	V6 (6 hojas exp)	UAN (32-0-0)
T6	60	15	V6	UAN (32-0-0) Tiosulfato de amonio (12-0-0-26S)
T7	120	0	V6	UAN (32-0-0)
T8	120	15	V6	UAN (32-0-0) Tiosulfato de amonio (12-0-0-26S)

Al momento de la siembra se realizaron análisis químicos de suelo, cuyos resultados se presentan en Tabla 3.

Tabla 3: Análisis de suelo al momento de la siembra. Datos promedio de tres repeticiones.

Variable evaluada		La Trinidad	Arrecifes	S. A. de Areco
pH		5,5	5,7	6,0
MO (0-20 cm)	(%)	2,2	2,3	3,2
P Bray I (0-20 cm)	(mg kg ⁻¹)	9,2	11,2	10
N-Nitratos (0-20 cm)	(mg kg ⁻¹)	8,0	10,7	12
N-Nitratos (20-40 cm)	(mg kg ⁻¹)	13,0	6,3	6
N-Nitratos (40-60 cm)	(mg kg ⁻¹)	6,0	6,3	3
N total en suelo (0-60 cm)	(kg ha ⁻¹)	69	60	53
S-Sulfatos (0-20 cm)	(mg kg ⁻¹)	9	12,7	12
Arcilla (0-20 cm)	(%)	20	21	26
Limo (0-20 cm)	(%)	49	63	57
Arena (0-20 cm)	(%)	31	16	15

La cosecha se realizó en forma manual sobre una superficie de 5m², con trilla estacionaria de las muestras. Los datos obtenidos fueron analizados por análisis de varianza, estudiando los efectos de sitio, dosis de N, dosis de S, momento de aplicación de N y sus interacciones. Cuando se determinaron diferencias significativas entre tratamientos se realizaron comparaciones de medias, y, con los datos de rendimiento y dosis de N, se calculó la Eficiencia agronómica de Uso del Nitrógeno (EUN), como Respuesta a N : kg N aplicado⁻¹.

Resultados y discusión

a) Condiciones climáticas de la campaña

Las precipitaciones durante el período octubre-febrero para los sitios experimentales se presentan en la Figura 1. Por su parte, los datos de radiación y temperatura de la localidad de Pergamino, ubicada geográficamente en una posición intermedia entre los ensayos se muestran en la Figura 2. El ambiente fue muy favorable, siendo el registro pluviométrico para los cinco meses señalados cercano a la media anual de la localidad. A pesar de la abundancia de lluvias, el número de días nublados y de baja insolación fue muy limitado, lo que permitió una adecuada oferta lumínica durante el período crítico para la definición de los rendimientos.

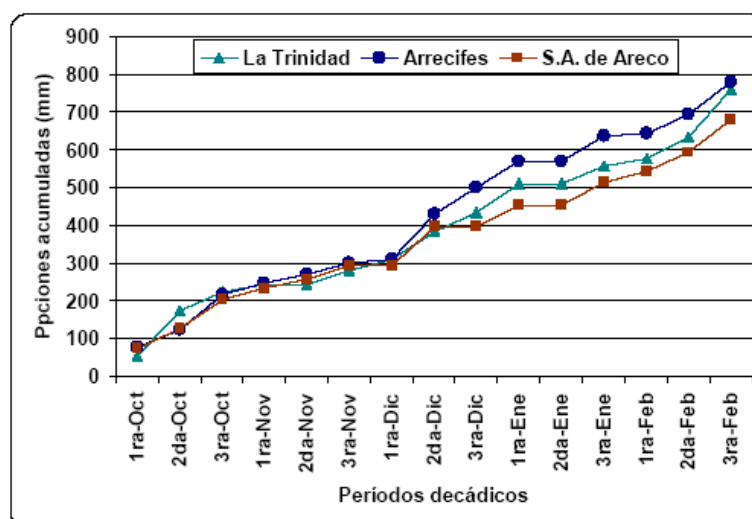


Figura 1: Precipitaciones acumuladas (mm) en periodos decádicos para las localidades de La Trinidad, Arrecifes y San Antonio de Areco. Campaña 2006/07.

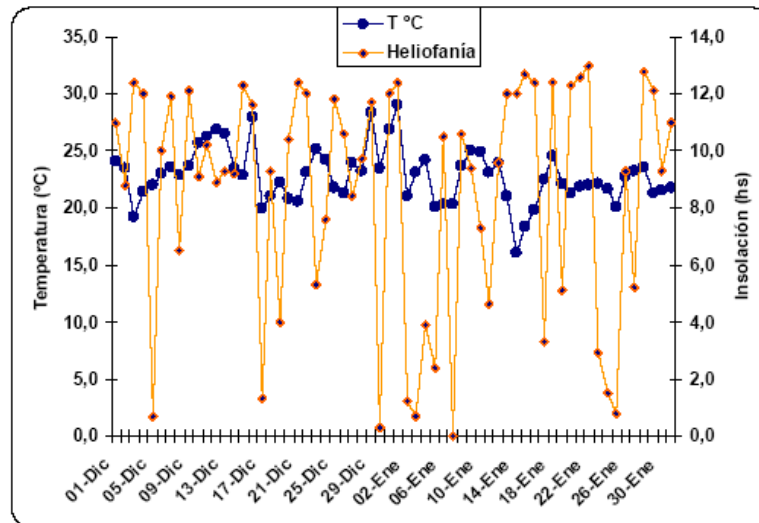


Figura 2: *Insolación (en hs y décimas de hora) y temperatura media (°C) diarias durante los meses de diciembre y enero, en el trancurso de los cuales se ubicó el periodo crítico para la definición de los rendimientos en todos los materiales. Localidad de Pergamino, (Bs As), campaña 2006/07.*

Por su parte, en la Figura 3 se presentan las precipitaciones entre siembra-V6, que correspondieron al momento de realización de la primera y segunda aplicación, respectivamente. Estas fueron menores en la Trinidad con 106 mm acumulados y un evento superior a 30 mm. En Arrecifes alcanzaron un valor intermedio, con 193 mm y dos eventos que sobrepasaron los 40 mm. En San Antonio de Areco se registraron las lluvias más abundantes, con 241 mm acumulados y dos eventos por sobre los 40 mm.

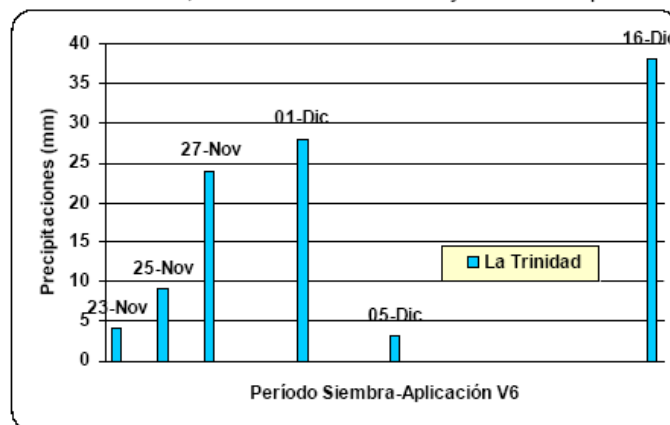


Figura 3.a. La Trinidad. Precipitaciones siembra-V6 106 mm.

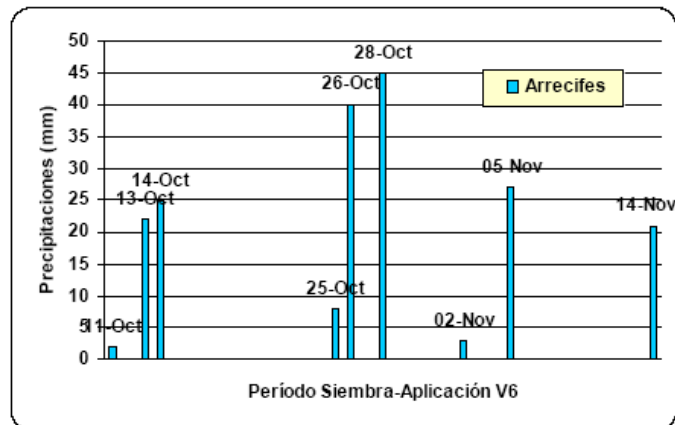


Figura 3.b. Arrecifes. Precipitaciones siembra-V6 193 mm.

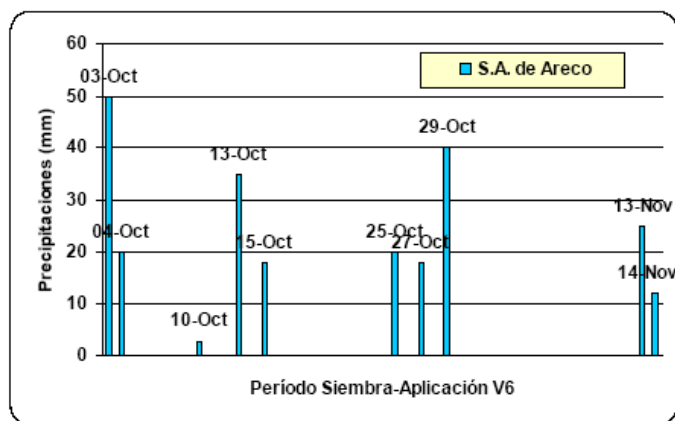


Figura 3.c. San Antonio de Areco. Precipitaciones siembra-V6 241 mm

Figura 3: Precipitaciones diarias en el periodo siembra-V6 para las localidades de 3.a)La Trinidad, 3.b)Arrecifes y 3.c)San Antonio de Areco. Campaña 2006/07.

b) Resultados de los ensayos

Se determinó efecto de sitio ($P=0,000$) sobre los rendimientos, y efecto de tratamiento para las localidades de La Trinidad ($P= 0,000$; Figura 4.a), Arrecifes ($P=0,000$; Figura 4.b) y San Antonio de Areco ($P=0,09$; Figura 4.c). El rendimiento relativo del testigo en todos los casos fue sensiblemente inferior al máximo rendimiento obtenido en los tratamientos fertilizados con N o N+S (Tabla 4). Las mayores deficiencias de N se detectaron en Arrecifes, con un rendimiento relativo al máximo fertilizado con N de 0,59 y lo mismo sucedió con relación al S, donde la diferencia entre RR testigo/N (0,59) y RR testigo/NS (0,47), fue de 0,12.

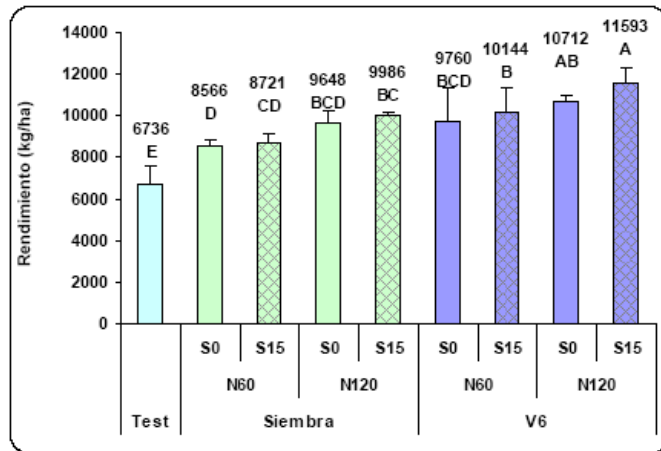


Figura 4.a. La Trinidad.

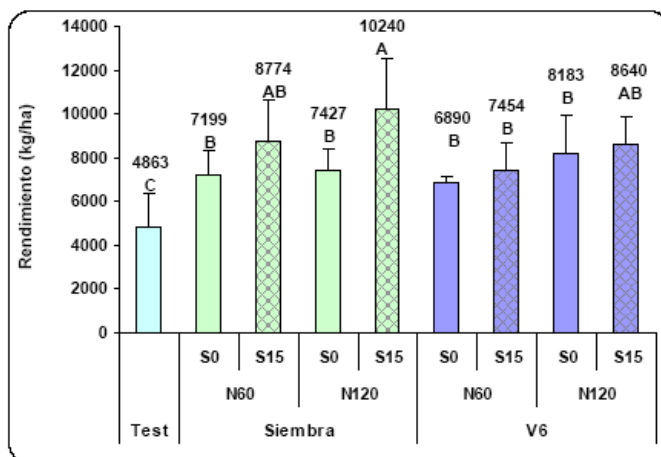


Figura 4.b. Arrecifes.

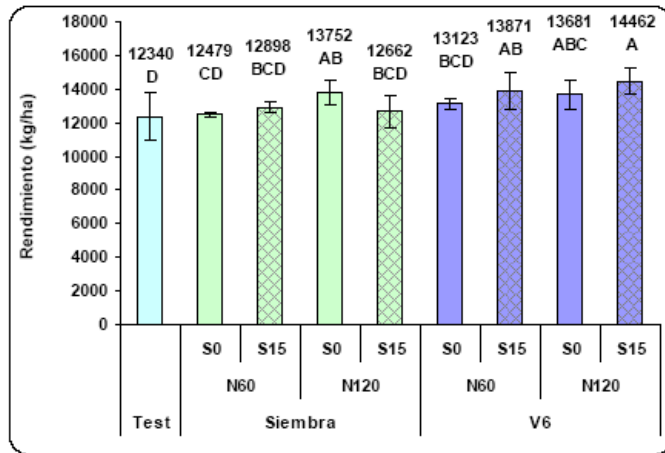


Figura 4.c. San Antonio de Areco.

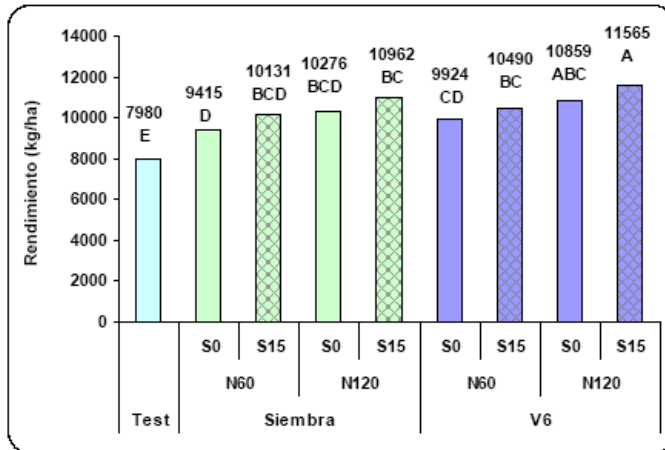


Figura 4.d. Promedio de las tres localidades.

Figura 4: Rendimiento de maíz como resultado de la aplicación de dos dosis (N60 y N120) y dos momentos (V2 y V6) de aplicación de nitrógeno, sin o con agregado de azufre (S0 y S15), utilizando fuentes fertilizantes líquidas. La Trinidad (4.a), Arrecifes (4.b), San Antonio de Areco (4.c) y promedio de las tres localidades (4.d). Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Las barras verticales indican la desviación Standard de la media.

Tabla 4: Rendimiento de los tratamientos testigo, y rendimientos máximos en cada localidad como resultado de la fertilización con N y NS.

	La Trinidad	Arrecifes	S. A. de Areco	Promedio
Rendimiento testigo	6736	4863	12340	7980
Rendimiento máximo N	10712	8183	13752	10859
Rendimiento máximo NS	11593	10240	14462	11565
Rendimiento Relativo Test/ N	0,63	0,59	0,90	0,73
Rendimiento Relativo Test/ NS	0,58	0,47	0,85	0,69

En la Tabla 5 se analizan las variables estudiadas y su interacción, tomando los tratamientos en un arreglo factorial.

Tabla 5: Análisis de variancia (ANOVA) para rendimiento, tomando los tratamientos en arreglo factorial. Valores seguidos de ** representan efecto significativo del factor evaluado o interacción ($p < 0,05$) n.s. indica diferencias no significativas por efecto de tratamiento.

Factor	Efecto de tratamiento (valores de P)
Sitio	0,000 **
Dosis N (N60 y N120)	0.000 **
Momento aplicación N	0.031 **
Efecto S (S0 y S15)	0,008 **
Dosis N*Dosis S	n.s.
DosisN*Momento aplic N	n.s.
Sitio*Dosis N	n.s.
Sitio*Dosis S	n.s.
Sitio*Momento aplic N	0,003 **
CV=	9,44 %

En la presente red de ensayos, se determinó efecto significativo de sitio (Figura 5.a), diferencia entre dosis de N (Figura 5.b), efecto del momento de aplicación de N (Figura 5.c) y de dosis de S (Figura 5.d). Los efectos de estos factores fueron en general aditivos, es decir, sin interacción entre sí, a excepción del momento de aplicación de N, que difirió entre localidades (Figura 6).

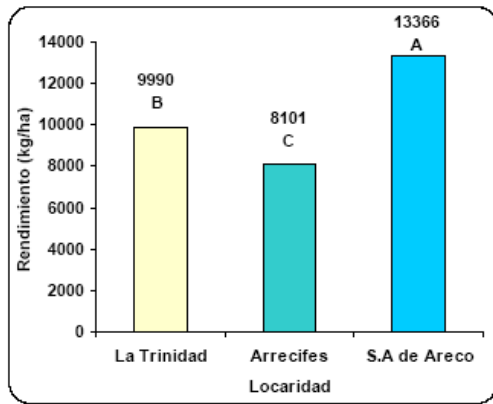


Figura 5.a

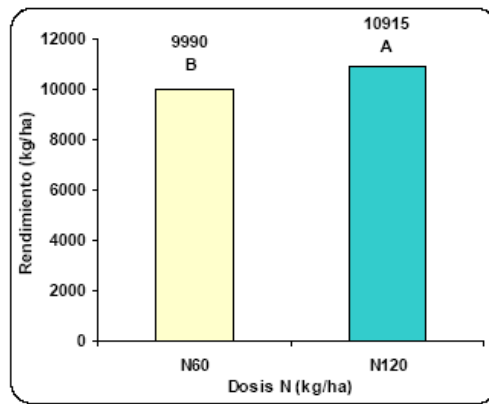


Figura 5.b

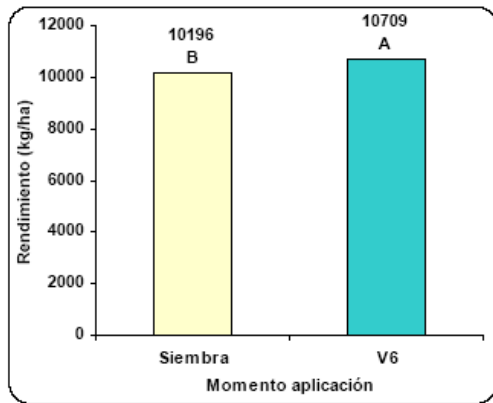


Figura 5.c

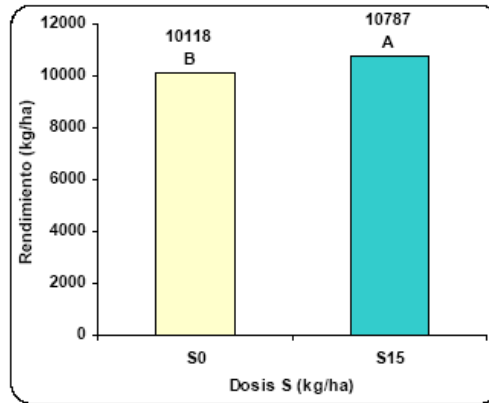


Figura 5.d

Figura 5: Efecto sobre los rendimientos de: 5.a) tres localidades, 5.b) dos dosis de N, 5.c) dos momentos de aplicación de N y 5.d) dos dosis de S promedio del resto de los factores, tres localidades y tres repeticiones por localidad, utilizando fuentes fertilizantes líquidas. Letras distintas en cada figura representan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Los ANOVA para los diferentes factores se presentan en la Tabla 5.

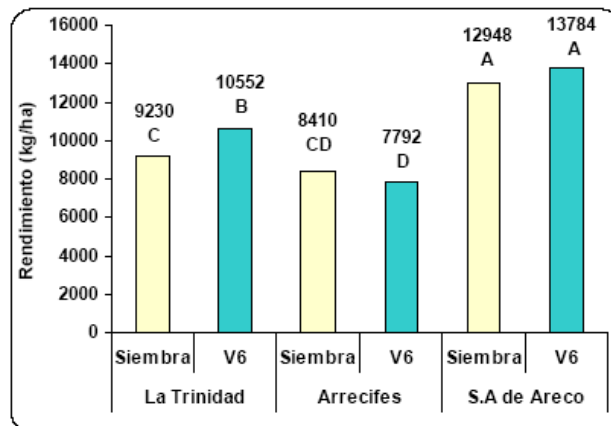


Figura 6: Efecto sobre los rendimientos del momento de aplicación a través de los diferentes localidades de ensayo, promedio de dos dosis de N y dos dosis de S. Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

Se determinaron diferencias de rendimiento entre sitios. El ensayo de San Antonio de Areco fue el de mayor rendimiento, y en Arrecifes se encontraron los valores más bajos. El grado de degradación de este último sitio aparece evidenciado por el muy bajo rendimiento del testigo. Por otra parte, queda claro que la disponibilidad inicial de N en todos los sitios era insuficiente para sostener estos niveles de productividad. La respuesta a S, se explica por el bajo contenido de Materia orgánica, la intensa historia agrícola de los sitios y su baja relación Materia orgánica/arcilla, de 0,11; 0,11 y 0,12 para La Trinidad, Arrecifes y San Antonio de Areco, respectivamente, cuando los límites críticos de este cociente que diferencian sitios con respuesta a S alcanzan valores de 0,15 para la región pampeana (Ferraris, 2004). En cuanto a los momentos de aplicación, la fertilización en V6 fue superior respecto de la aplicación a la siembra. Si bien la diferencia media fue de un 5 % (Figura 5.c), esta difirió considerablemente entre sitios, y estuvo más asociada a la textura del suelo que a las precipitaciones entre siembra y V6. En Arrecifes y Areco las diferencias fueron modestas y no significativas (Figura 6). En cambio, en La Trinidad la diferencia a favor de V6 fue significativa y alcanzó al 14 %. Este último fue el sitio con menores precipitaciones (Figura 3.a) pero de una textura más liviana, fundamentalmente con mayor contenido de arena (Tabla 3) y un horizonte B menos desarrollado.

En la Figura 7 se presenta un análisis económico basado en la Eficiencia de Uso de N (EUN). La EUN se mantuvo alta aún en la dosis de N120, y se incrementó en presencia de S, siendo claramente superior a la EUN de indiferencia. La EUN de indiferencia está determinada por la relación producto/insumo (kg Maíz / kg N). Esta relación para la campaña 2006/07 se ubicó en alrededor de 6 kg grano / kg N, y fue una de las más bajas de la historia, casi la mitad de la registrada en 2005/06 (Ferraris et al., 2006).

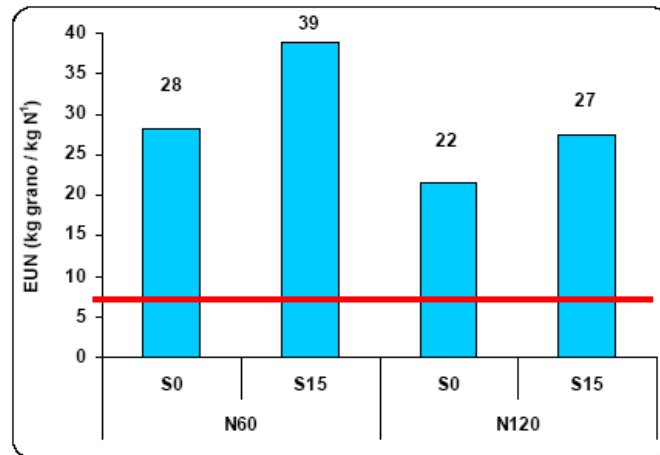


Figura 7: Eficiencia agronómica de Uso del Nitrógeno (Respuesta a N : kg N aplicado¹) de la combinación Dosis N*S, promedio de tres localidades y dos momentos de aplicación. La línea horizontal representa la Eficiencia de Uso de N de Indiferencia, por encima de la cual la fertilización nitrogenada es económicamente rentable. Costo de N, 720 U\$S/tn, Precio de Maíz restado costos de comercialización 118 U\$S/ton.

Conclusiones:

*Se determinaron diferencias estadísticamente significativas por efecto de la fertilización en todas las localidades de ensayos.

*El agregado de N permitió incrementar los rendimientos, con diferencia entre dosis. Lo propio sucedió con el S.

*En cuanto a los momentos de aplicación, si bien los mejores rendimientos se obtuvieron con la aplicación de V6, hubo diferencia entre localidades. Las mayores ventajas se apreciaron en la La Trinidad. Para esto, fue más importante la textura del suelo que las precipitaciones entre siembra y V6.

*Bajo la relación de precios insumo/producto actual, la fertilización nitrogenada fue económicamente rentable en todas sus variantes.

Bibliografía:

* Ferraris, G. 2004. Pautas para el diagnóstico de la fertilidad azufrada en soja. Tesis MSc. EPG-FAUBA. 176p.

* Ferraris, G. y L. Couretot. 2006. Evaluación de diferentes Dosis y Momentos de aplicación de Nitrógeno y su interacción con el Azufre utilizando fuentes líquidas en el Norte de la provincia de Buenos Aires. En: Maíz en Siembra Directa. Revista de la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa. Agosto de 2006.