

Fertilización en Maíz en la Región Subhúmeda Pampeana - Aplicación de Macro y Micronutrientes - 2002

*Ing. Agr. Alfredo Bono
Suelos y Recursos Naturales EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas" INTA*

El nitrógeno es el elemento más importante en la nutrición del maíz. Todas las variables edáficas relacionadas con el nitrógeno fueron buenos indicadores para predecir la respuesta a la fertilización.

En función de las demandas nutricionales para rendimientos máximos y de la oferta edáfica de la región el maíz no cubre sus requerimientos de N y en el caso de P depende de la oferta edáfica de cada sitio o región. Para rendimientos altos la soja y el maíz presentan requerimientos mayores de este nutriente que el girasol (Andrade *et al.* 1996). La fertilización nitrogenada en maíz suele realizarse a la siembra, al estado de 6-8 hojas o en algunos casos partiendo las dosis entre estos dos momentos. En ensayos realizados en Pergamino y Rafaela mostraron que no hay diferencias entre las fertilizaciones a la siembra y fraccionadas, mientras las fertilizaciones postergadas a 6-8 hojas tuvieron una respuesta algo inferior (Alvarez *et al.* 2000).

En el caso de S y micronutrientes como B y Zn la información en la Región Pampeana es mucho más escasa. En B, en tres de 10 ensayos realizados en el Norte de la región pampeana se obtuvieron incrementos significativos de rendimiento, en promedio de 780 kg/ha, con el agregado de 0,5 kg B/ha como fertilizante foliar en estado V4-5 (Melgar *et al.* 2001). Cabe destacar que tanto en el tratamiento control como en los demás se fertilizó con dosis variables de P y N que oscilaron entre 5-26 y 60-160 kg/ha, respectivamente. Es común encontrar respuestas a micronutrientes cuando se han suplido los requerimientos de los macronutrientes. En una red de ensayos en el Sur de Santa Fé Thomas *et al.* (2002) encontraron respuesta a N relacionada a la disponibilidad de nitrógeno de nitratos ($N-NO_3^-$) en el suelo en pre-siembra y al estado de V5-6, además con la concentración de nitratos en jugo de base de tallos. La aplicación de S incrementó los rendimientos relacionados con la disponibilidad de S de sulfatos en pre-siembra mientras la aplicación de K, Mg, B, Cu y Zn no afectó los rendimientos. En la campaña 2000/2001 se iniciaron ensayos en el Oeste Bonaerense como parte del convenio INTA Anguil-AGROSERVICIOS PAMPEANOS (ASP) con el objetivo de evaluar el efecto de la fertilización con N, P, NPS y la combinación con B y Zn sobre el rendimiento en grano e interpretar modelos de comportamiento y de respuesta a la fertilización en base a indicadores edáficos y climáticos (modelos predictivos).

Materiales y Métodos

La selección de los ensayos se realizó en general, en sitios con varios años de agricultura y con distintos niveles de fertilidad de suelos. Los mismos se instalaron en el año 2000 en el Establecimiento La Estrella (30 de Agosto 1) en el partido de Trenque Lauquen, América 1 y América 2 en el partido de Rivadavia y en el año 2001 en el Establecimiento El Carmen (Mari Lauquen), en el Establecimiento San José (30 de Agosto 2) en el partido de Trenque Lauquen y en el Establecimiento Pago Viejo (América 3 y 4) en el partido de Rivadavia. En los ensayos se siguió el manejo del cultivo adoptado por el productor. Los suelos fueron clasificados como Hapludoles Típicos con una profundidad del perfil mayor a 200 cm. Algunas características de suelo, cultivares, antecesores y sistema de

labranza de los ensayos se muestran en las Tablas 1 y 2. Se efectuaron determinaciones de suelo (MO, N total, N-NO₃⁻, P asimilable, pH, humedad y textura), clima y rendimiento en grano.

Tabla 1. Algunas características de suelo, en la capa arable.

Ensayos	MO %	N total %	P asimilable mg/kg	pH	Textura en %		
					Arena	Limo	Arcilla
1- 30 de Agosto 1	1,41	0,10	38,34	5,79	81,28	10,56	8,16
2- América 1	2,65	0,12	28,32	6,05	54,72	34,64	10,64
3- América 2	1,89	0,10	14,16	5,94	62,36	27,64	10,00
4- Mari-Lauquen	1,64	0,10	18,20	5,41	73,80	19,60	6,56
5- 30 de Agosto 2	1,51	0,10	14,57	5,63	73,80	19,60	6,56
6- América 3	2,20	0,13	21,63	5,84	53,96	35,64	10,40
7- América 4	2,39	0,12	9,41	5,17	43,52	41,64	14,84

Se compararon 7 tratamien-tos, un testigo sin fertilizante y 6 tratamientos con distintos nutrientes. El super fosfato triple de calcio, el fosfato diamónico, el borato de sodio y el sulfato de zinc fueron aplicados a la siembra y colocados en banda. Mientras la urea y el sulfato de amonio fueron aplicados en 6 hojas.

Tabla 2: Algunas características del cultivo en los sitios de ensayo.

Ensayos	Sistema de Labranza	Cultivar	Antecesor
1- 30 de Agosto 1	Directa	Pucará TD	Avena en SD
2- América 1	Convencional	Dekalb 696	Girasol
3- América 2	Convencional	Dekalb 688	Trigo / soja
4- Mari-Lauquen	Directa	Dekalb 696	Soja
5- 30 de Agosto 2	Directa	Pionner 32K71	Festuca
6- América 3	Directa	Dekalb 758	Soja
7- América 4	Directa	Dekalb 758	Soja

La dosis de N, P, S, B y Zn fueron de 150, 24, 20, 1 y 5 kg/ha respectivamente. Para la distribución de los tratamientos se adoptó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Para cada ensayo toda la información se analizó

por separado usando el procedimiento GLM de SAS (SAS 1988).

La respuesta a la fertilización del rendimiento en grano se estudió usando modelos de regresión lineal múltiple con las variables ambientales (climáticas y edáficas) como predictivas y el rendimiento del testigo y las diferencias de rendimiento de los tratamientos fertilizados con el testigo como dependientes.

Resultados

Rendimiento

Los rendimientos de los testigos fueron en general medios a altos (5000 a 13000 kg/ha) para la región. Los incrementos de rendimiento por agregado de fertilizante variaron de 1800 kg/ha con un testigo de 10400 kg/ha a 6700 kg/ha con un testigo de 8700 kg/ha en los distintos sitios y tratamientos. En un análisis en conjunto de todos los ensayos hubo diferencias ($P < 0,01$) por agregado de fertilizante en todos los tratamientos excepto en el tratamiento con agregado de P solo con respecto al testigo y los mismos tratamientos con respecto al tratamiento con agregado de P solo (Figura 1). En condiciones favorables de humedad en suelos con contenidos de MO, Nt y P asimilable, textura, antecesoros y sistemas de labranza diferentes, hubo respuesta fundamentalmente a N y todos los tratamientos combinados con dos o más elementos. En promedio los incrementos de rendimiento por agregado de fertilizantes variaron de 2400 a 2600 kg/ha para los siete ensayos en los dos años de estudio (Figura 2).

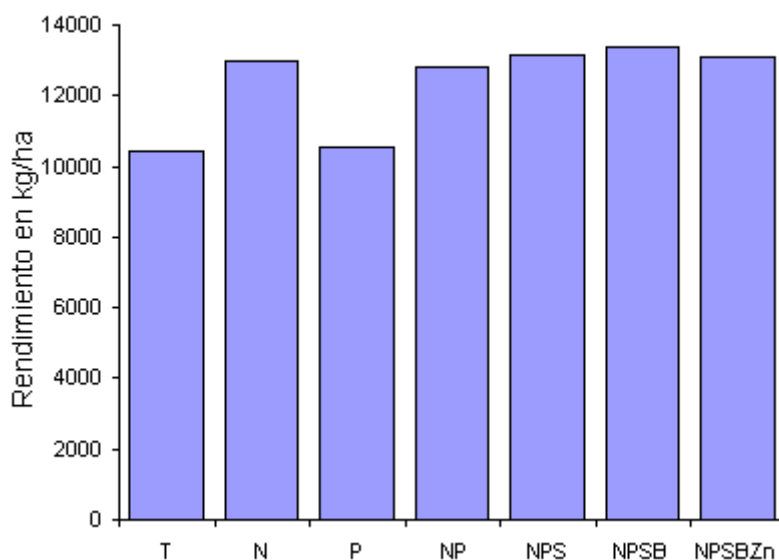


Figura 1: Rendimiento promedios para los siete ensayos en los dos años de estudio.

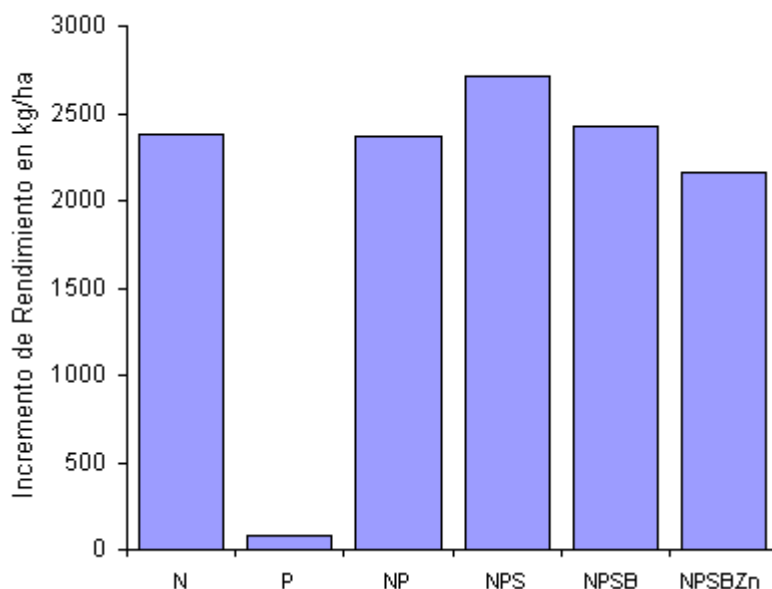


Figura 2: Incremento de rendimiento por agregado de fertilizante. Promedio de siete ensayos en dos años de estudio.

Predicción de la Respuesta

Los datos de rendimiento obtenidos en las dos campañas (2000/01 y 2001/02) se usaron para predecir o explicar la respuesta a la fertilización. Se probaron distintos tipos de modelos con las variables de suelo (MO, índice MO/arcilla+lamo que es un indicador de la proporción de la MO joven que forma parte de MO total de los mismos, N total, $N-NO_3^-$ kg/ha de 0 a 60 cm en presiembra, P asimilable, agua disponible en el suelo en presiembra y en 6 hojas) y climáticas: lluvias de siembra a cosecha. Los modelos se obtuvieron por procedimientos secuenciales (stepwise) con un nivel de 0,05 para la exclusión de las variables (Tabla 3). El rendimiento final del testigo y los tratamientos fertilizados fueron explicados mejor cuando incluyeron variables como las lluvias y agua disponible en el perfil 6 hojas. Estas variables mejoran los modelos explicativos pero no pueden utilizarse en los modelos predictivos (Tabla 3).

El contenido de N bajo las formas de MO, N total y $N-NO_3^-$ en presiembra y el agua disponible en el perfil en presiembra tuvieron un rol muy importante en la predicción entre un 25 % y 65 % del incremento del rendimiento por fertilizaciones combinadas (NP, NPS, NPSB y NPSBZn). Sin embargo, se infiere que el contenido de MO total no resultaría un indicador "individual" apropiado de la calidad de los suelos, al menos en el área en estudio, caracterizada por un amplio rango de variación en la granulometría de los suelos. Esto se debería a que suelos con similar contenido de MO total poseen diferencias en la proporción de MO joven y en consecuencia en la capacidad de aportar nutrientes por mineralización durante el cultivo.

Podría explorarse, en cambio, qué situaciones permiten esperar con mayor probabilidad una respuesta positiva a la fertilización. Es posible que la inclusión de otras variables como la MO joven o lábil, y los niveles de S mineralizable permitan una mejor predicción de la respuesta a N y/o N+P+S.

Tabla 3: Modelos explicativos de la respuesta a la fertilización en maíz y predicción del incremento productivo por el agregado de los fertilizantes.

Modelos Explicativos	Testigo	N	P	NP	NPS	NPSB	NPSBZn
	R ² = 0,51 x7	R ² = 0,52 x1, x5	R ² = 0,68 x7, x2	R ² = 0,55 X2, x6	R ² = 0,37 x1	R ² = 0,89 x1, x5	R ² = 0,73 X1, x8
Modelos Predictivos	Incrementos por agregado de fertilizante en kg/ha						
	2379 por N	82 por P	2355 por NP	2625 por NPS	2427 por NPSB	2165 por NPSBZn	
	Ns	ns	R ² = 0,25 x3	R ² = 0,65 x3, x1, x6	R ² = 0,65 x3, x1	R ² = 0,45 X3	

X1: MO %, X2: MO/(Arcilla+Limo), X3: Nt, X4: N-NO₃⁻ kg/ha de 0 a 60 cm en presiembra, x5: P asimilable, x6: agua disponible en presiembra, x7: agua disponible en 6 hojas y X8: llluvias siembra-cosecha.

P<0,05.

ns: no significativo.

Conclusiones

Dos años de ensayos en el Oeste Bonaerense confirman que el N es el nutriente más importante. La aplicación de B y Zn no afectaron significativamente los rendimientos. Luego de muchos años de ensayos en el Este de La Pampa y Oeste de Buenos Aires en distintos cultivos (trigo, maíz, girasol) quedó demostrado que aún en suelos con bajos niveles de P asimilable (15 mg/kg) no hay respuesta a la aplicación de P solo.

Todas las variables edáficas relacionadas con el N se han mostrado como buenas indicadoras para interpretar modelos predictivos de respuesta a la fertilización (25 % a 65 % de la respuesta). Es necesario además, obtener información de mayor número de años e incorporar otras variables edáficas tales como MO joven, N y S mineralizable.

Bibliografía

Alvarez R, C Alvarez, H S Steinbach. 2000. Fertilización de Trigo y Maíz. (Ed.) Hemisferio Sur. 95 pp.

Andrade F, H Echeverría, N González, S Uhart, N Darwich. 1996. Requerimientos de Nitrógeno y Fósforo de los Cultivos de Maíz, Girasol y Soja. Boletín Técnico N° 134. EE A Balcarce INTA. 17 pp.

Melgar RJ, J Lavandera, M Torres Duggan, L Ventimiglia. 2001. Respuesta a la fertilización con boro y zinc en sistemas intensivos de producción de maíz. Ciencia del Suelo. 19: 109-114.

Thomas A, M Boxler, B Alvarez de Toledo, R Houssay, L Martín, A Berardo, F García. 2002. Red de Nutrición

CREA Sur de Santa Fé. Resultados de la Campaña
2000/01: Maíz. Informe de resultados