

## Manejo Sitio Específico de Nitrógeno en Maíz: Evaluación del N-Sensor

*Autores: R.J.M. Melchiori, P.A. Barbagelata - INTA EEA Paraná, Entre Ríos  
C. Christiansen - D&E S.A.  
A. Von Martini - INTA EEA Manfredi*

### Introducción

El nitrógeno es quizás el más importante de los nutrientes esenciales para las plantas, debido a las elevadas cantidades en que es demandado durante el crecimiento de los cultivos, a que habitualmente es deficitario en los suelos agrícolas y a la creciente preocupación por la preservación del ambiente. Por ello, en la búsqueda de prácticas de manejo que permitan un uso más eficiente de los insumos, aplicándolos en los lugares y en las cantidades que los cultivos los requieren, se presenta una invaluable oportunidad para la Agricultura de Precisión.

Las plantas contienen entre 1 a 5% de N, cuando este elemento se encuentra en deficiencia las hojas cambian su coloración mostrando tonos verdes menos intensos o amarillentos, llegando a necrosarse desde el ápice en condiciones de agudas deficiencias. Estos cambios de coloración modifican el patrón de reflectancia de la canopia, lo que ha servido de base para el desarrollo de diversas técnicas de monitoreo del estado de nutrición nitrogenado, con herramientas que incluyen desde elementos portables, como el SPAD 502, hasta sensores remotos montados en aeronaves o satélites. Entre estas herramientas se cuenta el N-Sensor (Hydro Agri, GmbH & Co. KG), dispositivo capaz de determinar el requerimiento de N para un cultivo a través de mediciones de la luz reflejada por la canopia y de realizar prescripciones en tiempo real con el fin de optimizar la aplicación de fertilizantes.

En diversos trabajos se sugiere la conveniencia de realizar aplicaciones de N en cultivos de maíz ya implantados y en activo crecimiento, haciendo coincidir los aumentos de disponibilidad y demanda del nutriente. Se han desarrollado métodos de diagnóstico como el de nitratos en pre-escardillada, el que para una aplicación sitio específica, presenta como limitante el costo y la laboriosidad de obtener las muestras a campo. Ante esto, obtener en forma remota un índice del estado de nutrición nitrogenada que permita diagnosticar deficiencias y prescribir dosis, es una alternativa promisoriosa que resulta de interés evaluar en sistemas reales de producción.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el manejo sitio específico (MSE) del nitrógeno (N), mediante la utilización del Hydro N-Sensor vs el manejo uniforme tradicional (MU) y el efecto de estas prácticas sobre el rendimiento del cultivo de maíz y la eficiencia de uso del N (EUN).

### Materiales y métodos

En la campaña 2000/2001 se realizó un experimento sobre un cultivo de maíz, implantado en siembra directa con un espaciamiento entre hileras de 0.52 m y con una aplicación de base de fósforo y nitrógeno ( $12 + 38 \text{ kg ha}^{-1}$ ), en un lote del establecimiento San José, en el departamento Nogoyá, Provincia de Entre Ríos, sobre un suelo Argiudol vertico, con una pendiente media de 2 %.

Se evaluaron cinco tratamientos de fertilización: un control (T) sin N, dos dosis de N en aplicación uniforme: 23.4 (MU-1) y 39  $\text{kg N ha}^{-1}$  (MU-2) y dos dosis en aplicación variable 23.4 (MSE-1) y 39  $\text{kg N ha}^{-1}$  (MSE-2) utilizando el N-Sensor como herramienta de prescripción. Los tratamientos se dispusieron a campo en forma de franjas, de 19 m de ancho y 700 a 900 m de longitud y tres repeticiones.

El N-sensor se integró a un sistema de posicionamiento global (DGPS) y a un sistema de aplicación variable (Land Manager) sobre una pulverizadora automotriz, contando para esto con la colaboración técnica de la empresa D&E. La calibración se realizó mediante el registro de lecturas de reflectancia obtenidas sobre dos transectas a lo largo del área experimental, refiriéndose esta lectura de referencia a las dosis objetivo. Para los tratamientos uniformes, la dosis se fijó desde el Land Manager. El fertilizante utilizado fue UAN (30% N  $\text{p/p}$ ), chorreado en los entresurcos cuando el cultivo se encontraba en el estadio de 7 a 8 hojas expandidas.

Previo a la aplicación del N se caracterizó la variabilidad edáfica determinándose el contenido de N- $\text{NO}_3$ , P, MO, Nt y pH sobre muestras de suelo, que se extrajeron mediante un muestreo detallado cada 50 m a lo largo de tres transectas de 900 m.

La cosecha del cultivo se realizó con una cosechadora equipada con monitor de rendimiento y DGPS. La información georeferenciada de la dosis aplicada por sitio y el rendimiento del cultivo se procesó con el programa Farm Work. Desde los datos originales (puntos) se generó una grilla de polígonos de 15 x 15 m, a lo largo de cada franja de modo que se obtuvieron aproximadamente 30 observaciones por franja. Se calculó la eficiencia de uso del N (EUN), como:  $((\text{Rendimiento de tratamiento con fertilizante} - \text{Rendimiento del testigo}) / \text{dosis de N aplicada})$ . Sobre estos datos se calcularon estadísticos descriptivos y se realizó un análisis de variancia para un diseño en bloques con las observaciones de las grillas como repeticiones, las medias se estimaron por mínimos cuadrados ponderados y contrastaron mediante rutinas del programa Statistical Analysis System (SAS). La información de suelo, se procesó y mapeó con el programa SURFER.

## **Resultados y discusión**

Las condiciones climáticas de la campaña 2000/2001 en la zona fue adecuada para el cultivo de maíz, aunque hubo eventos de precipitaciones elevadas que pudieron haber acrecentado el déficit de N en el suelo por lavado de nitratos incrementando las respuestas obtenidas.

La variabilidad en el suelo del lote puede expresarse a través del contenido de P que mostró un rango de 8.4 a 189 ppm y un CV de 108%, el Nt, la materia orgánica y el pH mostraron variaciones moderadas (Figuras 1 y 2). El contenido de N- $\text{NO}_3$  en 0-20 cm, mostró un rango de disponibilidad de 5.9 hasta 31.8 ppm, con un CV de 36%, con un amplio sector del lote con disponibilidad de N por debajo del umbral de respuesta de 20 a 22 ppm de N- $\text{NO}_3$  determinado para cultivos en

estadios de 6 hojas. La posición topográfica mostró efectos importantes sobre el rendimiento, la experiencia abarcó posiciones de loma, media loma y bajo, observándose tendencias de aumento de rendimientos en el mismo sentido independientemente de los tratamientos aplicados, lo que evidencia la presencia de otros factores limitantes como ser cambios en las condiciones de suelo o grados de erosión.

Los tratamientos evaluados afectaron significativamente el rendimiento del cultivo y la eficiencia de uso del N ( $p < 0.0001$ ). El rendimiento en los tratamientos de manejo sitio específico (MSE-1 y MSE-2) fue significativamente mayor al obtenido con aplicaciones uniformes en MU-2 y MU-1, y estos a la vez mayores al del testigo (Tabla 1). La dosis aplicada promedio fue mayor para el tratamiento MSE-2, diferente de la de MSE-1 y de MU-2 y estas mayores a la aplicada en MU-1.

Los rangos de dosis aplicados demuestran la habilidad del N-Sensor para detectar diferencias en el cultivo y modular las dosis aplicadas, obteniéndose respuestas de  $1400 \text{ kg ha}^{-1}$ , para los tratamientos de MSE y de  $900$  y  $750 \text{ kg ha}^{-1}$  para MU-1 y 2 respectivamente.

La EUN decreció como es esperable ante aumento en la dosis aplicada, fue mayor en el MU-1, pero la menor dosis aplicada limitó fuertemente el rendimiento (Tabla 2). En los tratamientos MSE-1 y MSE-2, el N aplicado fue similar al de MU-2, pero se obtuvieron  $700 \text{ kg ha}^{-1}$  mas de respuesta en grano, lográndose de esta manera un uso significativamente mas eficiente del N ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 1.** Estadísticos descriptivos para el rendimiento de maíz y dosis de nitrógeno para testigo (T), manejo uniforme (MU-1 y MU-2) y manejo sitio específico (MSE-1 y MSE-2).

Tratamientos	T	MU – 1	MU – 2	MSE – 1	MSE – 2
<b>Rendimiento (<math>\text{kg ha}^{-1}</math>)</b>					
Media	6694 <b>c</b>	7616 <b>b</b>	7742 <b>b</b>	8137 <b>a</b>	8138 <b>a</b>
Mín - Máx	4040 - 11060	4970 - 11710	4330 – 11670	6250 - 11120	5970 - 11000
CV (%)	19	20	17	12	15
<b>Dosis de N aplicada (<math>\text{kg ha}^{-1}</math>)</b>					
Media	-	23.8 <b>c</b>	40.9 <b>b</b>	40.8 <b>b</b>	46.5 <b>a</b>
Mín - Máx	-	23.4 – 24.1	39.7 – 43.2	0.0 – 56.2	0.0 – 52.2
CV (%)	-	1.3	5.0	59.0	37.7

Letras distintas en sentido horizontal, indican diferencias significativas según el test de Tukey-Kramer ( $\mu = 0.05$ ), para medias estimadas por LSMEANS.

**Tabla 2.** Eficiencia de uso de nitrógeno (EUN) en maíz, para manejos uniformes (MU-1 y MU-2) y manejos sitio específicos (MSE-1 y MSE-2).

Tratamientos	MU – 1	MU – 2	MSE – 1	MSE – 2
--------------	--------	--------	---------	---------

<b>EUN (kg grano kg N aplicado<sup>-1</sup>)</b>				
Media	48.0 <b>a</b>	24.8 <b>c</b>	36.6 <b>b</b>	38.8 <b>b</b>
Mín - Máx	19 - 147	0 - 123	7 - 135	10 - 137
CV (%)	45	88	59	56

Letras distintas en sentido horizontal, indican diferencias significativas según el test de Tukey Kramer ( $\mu = 0.05$ ), para medias estimadas por LSMEANS y.

Los resultados de esta experiencia, demuestran la factibilidad de implementar en sistemas reales de producción el uso del N-Sensor como herramienta de prescripción para aplicaciones sitio específicas de N en maíz en estadios de V7-8.

El manejo sitio específico (MSE) del N permitió mediante una adecuada distribución del N incrementar el rendimiento del cultivo, y hacer un uso mas eficiente del insumo respecto a las aplicaciones uniformes tradicionales.

