

Respuesta a la re-fertilización nitrogenada en maíz en el Sudeste de Córdoba

S.J. Muñoz¹ y J.L. Zorzín²

Introducción

La fase climática ENSO (El Niño/Niña Southern Oscillation) produce una modificación en el patrón de lluvias en la región pampeana argentina (Penalba et al., 2005). Durante los años Niña, es mayor la probabilidad de obtener menores registros de lluvias durante el trimestre Octubre-Diciembre respecto a la mediana histórica, mientras que los años Niño dicha tendencia se revierte teniendo un efecto contrario (Penalba, 2007).

La fecha de siembra temprana de maíz en el sudeste de Córdoba oscila entre el 15 de Septiembre y el 15 de Octubre. La predominancia de aporte de nitrógeno (N) por fertilización a dicho cultivo generalmente se realiza a la siembra y en menor medida en V4-V6.

Una de las metodologías de diagnóstico y recomendación de fertilización nitrogenada más difundidas en la región para el cultivo de maíz, se basa en un balance simplificado donde la cantidad de N a aplicar como fertilizante (Nf) proviene de la diferencia entre la cantidad necesaria de N disponible a la siembra para lograr un rendimiento objetivo (nivel crítico, NC) y la disponibilidad del nutriente determinada en presiembra de 0 a 60 cm de profundidad del suelo (Ns). Otra aproximación similar, se basa en la diferencia respecto de un umbral crítico (UC) de N que indica la zona de quiebre a partir del cual el cultivo no responde más al agregado del nutriente (Salvagiotti et al., 2003).

La absorción de N del maíz es mínima durante la emergencia, crece lentamente hasta V4-V6, y a partir de allí se registran las mayores tasas de acumulación de N hasta 10-15 días post-floración (Andrade et al., 1996). Así, durante el periodo que va desde la siembra hasta V4-V6 del maíz existe la posibilidad de que, según la frecuencia e intensidad de las precipitaciones, exista lavado de N en formas de nitratos, hacia capas más profundas quedando no disponible en el futuro para el cultivo.

El objetivo de este trabajo consistió en evaluar la respuesta a la re-fertilización con N en maíz habiendo colocado todo el N a la siembra según la metodología de umbral crítico en distintos tipos de suelo predominantes del sudeste de Córdoba.

Materiales y métodos

Durante la campaña 2012/13, se llevaron a cabo 4 ensayos de re-fertilización nitrogenada en lotes de producción ubicados en el Sudeste de Córdoba. A partir de los ensayos se obtuvieron 24 situaciones de fertilidad nitrogenada que surgieron de la combinación de 4 sitios x 2 repeticiones x 3 niveles de N a la siembra (suelo+fertilizante) más la dosis de re-fertilización.

Los 4 sitios evaluados se ubican dentro de las proximidades de las localidades de Marcos Juárez, Noetinger y Etruria -2- (**Figura 1**).

Todos los lotes de producción evaluados presentan más de 10 años en siembra directa, una rotación agrícola estabilizada en trigo/soja de 2^{da} – maíz de 1^{era} – soja de 1^{era}, y el antecesor común para todos los sitios evaluados fue soja de primera.

Los híbridos utilizados en los ensayos pertenecen a genotipos de buen comportamiento en la zona (**Tabla 1**). Los 4 lotes fueron implantados dentro de la segunda quincena de Septiembre y la fertilización nitrogenada dependió del potencial productivo del ambiente, siendo de 155 – Ns en la zona de Etruria, de 180 – Ns en la zona de Noetinger y 200 – Ns en la zona de Marcos Juárez.

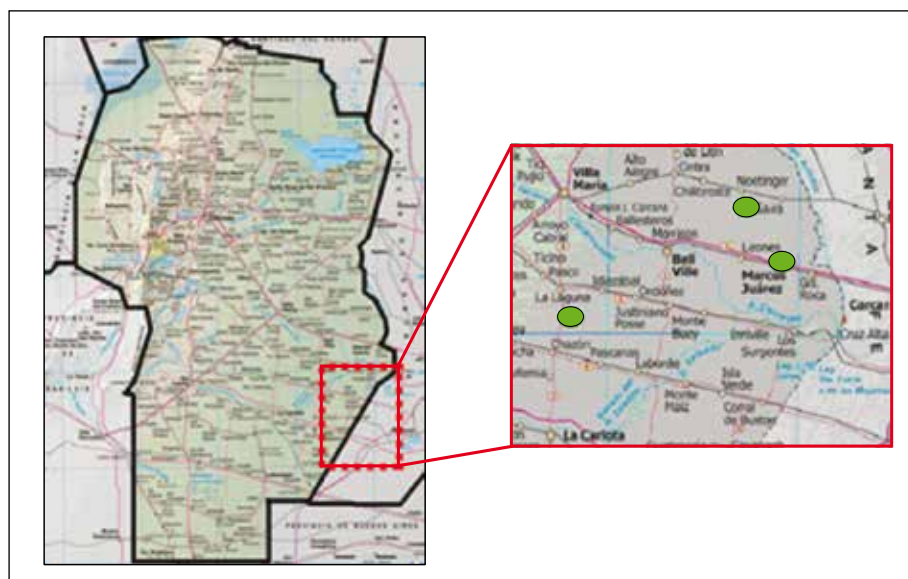


Figura 1. Mapa de la provincia de Córdoba. Ubicación geográfica de las localidades del Sudeste de Córdoba en las que se desarrollaron los experimentos.

¹ Estudio YGEO s.r.l. Correo electrónico: sebajm1980@gmail.com

² Estudio MAS Hectáreas. Correo electrónico: jluiszorzín@hotmail.com

Tabla 1. Características y análisis de suelo de cada uno de los sitios evaluados junto con la localidad, híbrido, fecha de siembra, el tipo y la clase de uso del lote de producción.

Localidad	Etruria	Noetinger	Marcos Juárez
Establecimiento	Sta. Magdalena	Sta. Poringa	El Recreo
Lote	SM 1	SM 2	SP 10
Tipo de suelo	Haplustol éntico	Haplustol éntico	Argiudol típico
Clase de uso	IIIc	IIIc	I
Influencia de la Napa (Prof. < 2.5 m)	no	no	si
Híbrido	Ax 886 MG	Ax 887 MG	DK 692 MGRR2
Fecha de siembra	27 de Septiembre	27 de Septiembre	15 de Septiembre
MO, %	2.6	2.4	2.7
Ns, kg ha ⁻¹ (0-60 cm)	58	49	40
Nf, kg ha ⁻¹	103	103	142
Ns + Nf, kg N ha ⁻¹	161	152	182

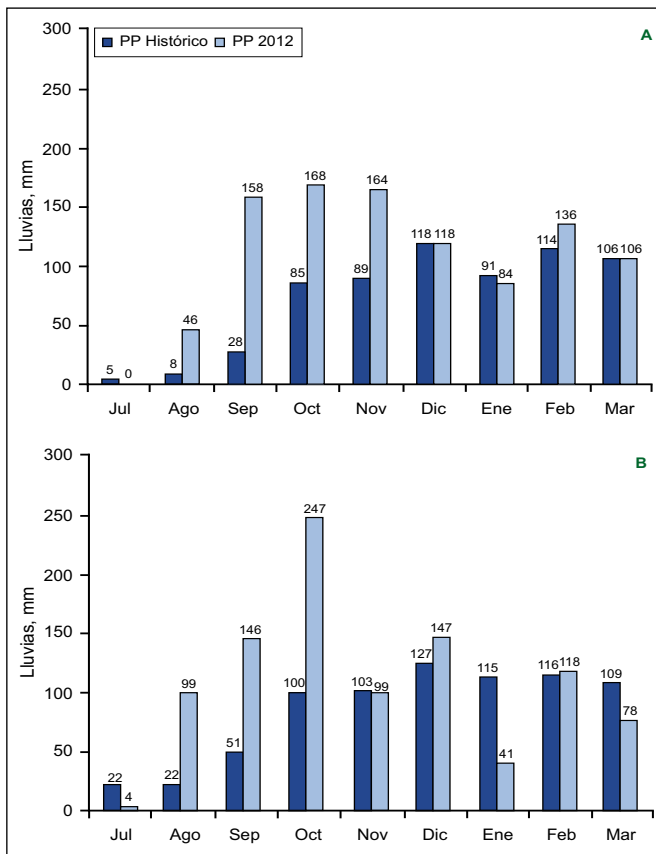


Figura 2. Niveles de precipitaciones mensuales de Etruria (A) y Noetinger-Marcos Juárez (B), comparando los registros de la campaña 2012/13 versus la media histórica de cada sitio.

El diseño utilizado fue en bloques completos al azar (DBCA) en parcelas en franjas de 25 a 28 m de ancho por 500 a 1000 m de largo, con 2 repeticiones por tratamiento. Los tratamientos de re-fertilización evaluados fueron 0, 40 y 80 kg N ha⁻¹ en Etruria, y 0, 28 y 56 kg N ha⁻¹ en Marcos Juárez y Noetinger. La fuente de N utilizada para realizar las franjas de re-fertilización

fue UAN (32-0-0) chorreado con caños de bajada entre V4 y V6.

Se realizaron análisis de N de nitratos (N-NO₃⁻) a la siembra a dos profundidades (0-20 y 20-60 cm) y de materia orgánica (MO, %) a 0-20 cm de profundidad para estimar el abastecimiento de N edáfico en cada uno de los ensayos. En la **Tabla 1**, se presentan los resultados de análisis de suelo y manejo general del cultivo.

La fertilización fosfatada fue la utilizada normalmente por el productor, y fue realizada a la siembra incorporada junto con la semilla. En todos los casos se aseguró que el P no sea limitante. Se realizó un adecuado control de malezas y se efectuaron aplicaciones preventivas de fungicidas entre V14 y V18.

La cosecha se realizó en todos los ensayos en forma mecánica. Se determinó el rendimiento por tratamiento expresado en kg ha⁻¹ y se lo corrigió a 14.5% de humedad.

Para el análisis estadístico de los datos se realizó un análisis de la variancia utilizando software INFOSAT (Di Renzo et al., 2010). Cuando las diferencias entre tratamientos fueron significativas se empleó el test de diferencia de Duncan, con un nivel de probabilidad de 0.05 (Di Renzo et al., 2010). Para poder llevar a cabo una correcta interpretación de los datos y poder determinar si existió lavado de N entre la siembra y V4-V6 se registraron las precipitaciones y se hicieron análisis de suelo hasta 1 m de profundidad de los niveles de N-NO₃⁻.

Resultados y discusión

La campaña 2012/13 se caracterizó por presentar una fase ENSO correspondiente a la clasificación Niño débil (SMN, 2012). La prevalencia de dicha fase durante

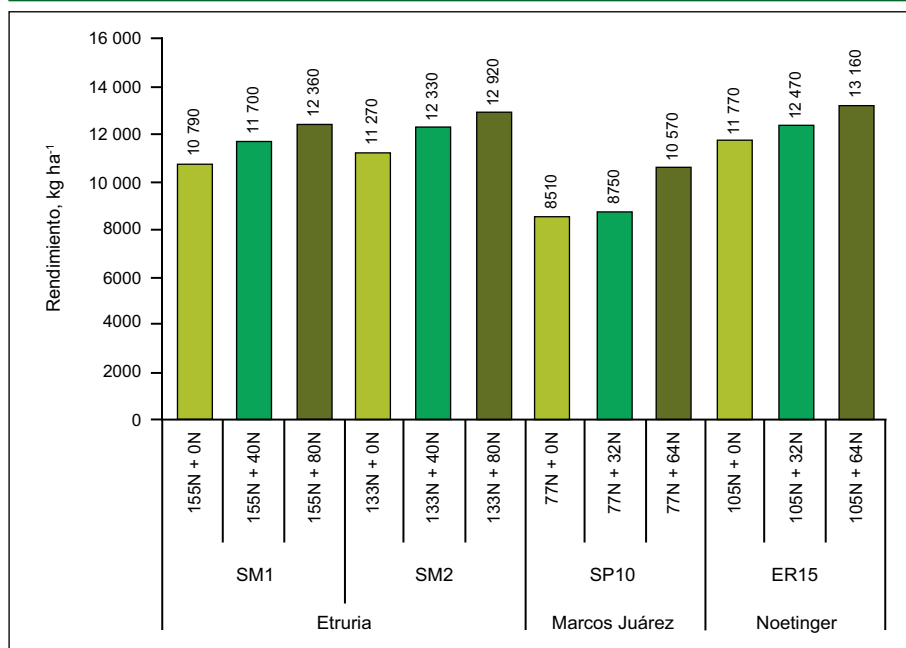


Figura 3. Rendimientos según nivel de N disponible kg N ha⁻¹ a 0-100 cm de profundidad en V4-V6 y dosis de re-fertilización con N por ensayo durante la campaña 2012/13.

15 se encontraba el 37% (46/123 kg N ha⁻¹) y el 22% (35/155 kg N ha⁻¹), respectivamente. Por lo tanto, una proporción importante de las diferencias en N disponible pueden atribuirse a pérdidas por lavado de nitratos en profundidad y/o desnitrificación.

Respecto a los resultados productivos de las franjas de re-fertilización en V4-V6 con UAN, las respuestas oscilaron entre 700 y 2160 kg ha⁻¹ en la red de ensayos (Figura 3). La mínima respuesta se obtuvo con el agregado de 32 kg N ha⁻¹ en el sitio de Noetinger mientras que la máxima respuesta se obtuvo en Marcos Juárez con el agregado de 64 kg N ha⁻¹ en V4-V6. En Etruria, las respuestas al agregado de 40 kg N ha⁻¹ oscilaron entre 910 y 1060 kg ha⁻¹, mientras que las respuestas al agregado de 80

kg N ha⁻¹ oscilaron entre 1570 y 1650 kg ha⁻¹. Por otra parte, la menor disponibilidad de N hasta el metro de profundidad en Marcos Juárez hizo que las respuestas al agregado de 32 y 64 kg N ha⁻¹ sean mayores (1240 y 2060 kg ha⁻¹, respectivamente) a las que se obtuvieron en Noetinger (700 y 1390 kg ha⁻¹).

la primavera del 2012 hizo que durante los meses de siembra y estadios vegetativos tempranos del maíz sembrado en la segunda quincena de Septiembre, las precipitaciones sean muy superiores a las medias históricas. En Etruria se registraron 490 mm acumulados desde Septiembre a Noviembre, siendo la media histórica para ese periodo trimestral de 201 mm (Figura 2). En Noetinger y Marcos Juárez, se registraron 492 mm acumulados desde Septiembre hasta Noviembre siendo la media histórica de 254 mm (Figura 2).

Considerando en conjunto los 4 sitios evaluados, en el sudeste de Córdoba durante la campaña 2012/13, las respuestas de maíz al agregado de entre 32 y 40 kg N ha⁻¹ y 64 y 80 kg N ha⁻¹ en V4-V6 fueron de 980 y 1670 kg ha⁻¹, respectivamente.

Durante el estadio vegetativo temprano del maíz (V4-V6) se realizaron muestreos de N-NO₃⁻ en suelo a 3 profundidades: 0-20, 20-60 y 60-100 cm. En los 4 sitios se observó que a la profundidad de 0-60 cm, los niveles de Ns+Nf en V4-V6 fueron menores a los niveles a la siembra. Los niveles iniciales eran de 161, 152, 182 y 197 kg N ha⁻¹, respectivamente, para los lotes SM 1, SM 2, SP 10 y ER 15 (Tabla 1), mientras que en V4-V6, los resultados de análisis de suelo arrojaron que los nuevos niveles fueron de 87, 75, 59 y 42 kg N ha⁻¹, para los mismos lotes, respectivamente (Tabla 2).

La decisión de re-fertilización en maíz debe tener un sustento económico para chequear que la respuesta del cultivo sea superior al costo del tratamiento con N. Por lo tanto, considerando un precio bruto de maíz de 195 U\$S t⁻¹ (MATBA, Noviembre 2012), un porcentaje de gastos de comercialización del 25% para el sudeste de Córdoba (incluye flete largo, paritarias, secada y comisión), un costo de UAN de 495 U\$S t⁻¹ (1.55 U\$S kg⁻¹ N) y un costo de 10 U\$S ha⁻¹ de aplicación, para la campaña 2012/13 todos los tratamientos fueron rentables económicamente (Tabla 3).

Las diferencias entre los dos momentos de muestreo fueron de 74, 77, 123 y 155 kg N ha⁻¹ en los lotes SM1, SM2, SP10 y ER15, respectivamente. Si bien parte del N disponible a la siembra puede haber sido absorbido por el cultivo, las diferencias superan ampliamente las acumulaciones normales de N en maíz al estado V4-V6. Por otra parte, cuando se analizó el tercer estrato (60 a 100 cm), se observó que en el lote SM1 se encontraba el 92% (68/74 kg N ha⁻¹) que ya no se registraba del estrato 0-60 cm, mientras que en el lote SM2 se encontraba el 76% (58/77 kg N ha⁻¹) del mismo y en los lotes SP 10 y ER

La mínima ganancia fue de 43 U\$S ha⁻¹ con la aplicación de 32 kg N ha⁻¹ en Noetinger mientras que la máxima ganancia fue de 192 U\$S ha⁻¹ con la aplicación de 64 kg N ha⁻¹ en Marcos Juárez. Considerando en conjunto los 4 sitios evaluados, en el sudeste de Córdoba durante la campaña 2012/13, las respuestas en maíz al agregado entre 32 y 40 kg N ha⁻¹ y 64 y 80 kg N ha⁻¹ en V4-V6 fueron de 78 y 123 U\$S ha⁻¹ de ganancia, respectivamente.

Considerando en conjunto los 4 sitios evaluados, en el sudeste de Córdoba durante la campaña 2012/13, las respuestas en maíz al agregado entre 32 y 40 kg N ha⁻¹ y 64 y 80 kg N ha⁻¹ en V4-V6 fueron de 78 y 123 U\$S ha⁻¹ de ganancia, respectivamente.

La mínima ganancia fue de 43 U\$S ha⁻¹ con la aplicación de 32 kg N ha⁻¹ en Noetinger mientras que la máxima ganancia fue de 192 U\$S ha⁻¹ con la aplicación de 64 kg N ha⁻¹ en Marcos Juárez. Considerando en conjunto los 4 sitios evaluados, en el sudeste de Córdoba durante la campaña 2012/13, las respuestas en maíz al agregado entre 32 y 40 kg N ha⁻¹ y 64 y 80 kg N ha⁻¹ en V4-V6 fueron de 78 y 123 U\$S ha⁻¹ de ganancia, respectivamente.

La mínima ganancia fue de 43 U\$S ha⁻¹ con la aplicación de 32 kg N ha⁻¹ en Noetinger mientras que la máxima ganancia fue de 192 U\$S ha⁻¹ con la aplicación de 64 kg N ha⁻¹ en Marcos Juárez. Considerando en conjunto los 4 sitios evaluados, en el sudeste de Córdoba durante la campaña 2012/13, las respuestas en maíz al agregado entre 32 y 40 kg N ha⁻¹ y 64 y 80 kg N ha⁻¹ en V4-V6 fueron de 78 y 123 U\$S ha⁻¹ de ganancia, respectivamente.

Tabla 2. Resultado de análisis de suelo considerando los kg N ha⁻¹ en 3 estratos (0-20, 20-60 y 60-100 cm) de suelo muestreados entre V4 y V6 del maíz.

Localidad	Etruria		Noetinger	Marcos Juárez
Establecimiento	Sta. Magdalena		Sta. Poringa	El Recreo
Lote	SM 1	SM 2	SP 10	ER 15
Fecha de re-muestreo	25 de Octubre	25 de Octubre	8 de Noviembre	8 de Noviembre
Estadío	V4 - V6			
Profundidad, cm	N-NO ₃ ⁻ , kg ha ⁻¹			
0 - 20	21	24	14	18
20 - 60	66	51	45	24
60 - 100	68	58	46	35
0 - 60	87	75	59	42
0 - 100	155	133	105	77

Tabla 3. Respuesta física al agregado de N, costo, ingreso y resultado económico según sitio y nivel de re-fertilización durante la campaña 2012/13.

Sitio	Lote	Tratamiento	Respuesta kg ha ⁻¹	Ingreso ----- U\$S ha ⁻¹ -----	Costo ----- U\$S ha ⁻¹ -----	Resultado
Etruria	SM1	40N	910	133	72	61
		80N	1560	229	134	95
	SM2	40N	1060	155	72	83
		80N	1650	241	134	107
Marcos Juárez	SP10	32N	1240	181	60	122
		64N	2060	301	109	192
Noetinger	ER15	32N	700	102	60	43
		64N	1390	203	109	94
Media	-	36N	980	143	66	78
		72N	1670	244	121	123

Conclusiones

- Durante la campaña 2012/13, la prevalencia de una fase ENSO Niño favoreció el movimiento de N hacia capas más profundas del perfil edáfico, registrándose respuestas productivas y económicas a la re-fertilización con N entre V4 y V6.
- Las respuestas productivas medias de la red de ensayos al agregado de entre 32 y 40 kg N ha⁻¹ y 64 y 80 kg N ha⁻¹ en V4-V6 fueron de 980 y 1670 kg ha⁻¹, respectivamente.
- Las respuestas económicas medias de la red de ensayos al agregado de entre 32 y 40 kg N ha⁻¹ y 64 y 80 kg N ha⁻¹ en V4-V6 fueron de 78 y 123 U\$S ha⁻¹ de ganancia, respectivamente.

Bibliografía

Andrade, F.H., A.G. Cirilo, S.A. Uhart, y M.E. Otegui. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. CERBAS-EEA

- INTA, Balcarce. FCA-UNMP. Dekalb Press. Argentina.
- Di Rienzo, J.A., F. Casanoves, y M.G. Balzarini. 2010. INFOSTAT versión 2010. Grupo Infostat FCA, Univ. Nacional de Córdoba, Argentina.
- Penalba, O., A. Beltran, y C. Messina. 2005. "Monthly rainfall in central-eastern Argentina and ENSO: a comparative study of rainfall forecast methodologies". Bras. Agrometeorología. pp. 49-61.
- Penalba, O. 2007. "Predicciones climáticas: Señales de Impacto en la Región Pampeana". Informe Curso FUNDACREA 2007/08.
- Salvagiotti, F., H.M. Pedrol, J.M. Castellarín, G. Cordone, J. Capurro, F. Martínez, J.M. Méndez, J.C. Felizia, N. Trentino, y D. Damen. 2003. Modelos de respuesta a la fertilización nitrogenada en maíz. Para Mejorar la Producción - INTA Oliveros 23:83-86.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 2012. Informe de servicios climáticos 07 de Septiembre del 2012. *