



## Proyecto Regional Agrícola Desarrollo Rural INTA PERGAMINO

### Red de Ensayos de Fertilización Nitrogenada en Maíz Campaña 2005-2006

*Participantes: Damián Dignan<sup>1</sup>, Hernán Echeverría<sup>2</sup>, Gustavo Ferraris<sup>2</sup>, Carlos Galarza<sup>4</sup>, Vicente Gudelf<sup>4</sup>, Flavio Gutierrez Boem<sup>3</sup>, Hernán Sainz Rozas<sup>5</sup>, Fernando Salvaggiotti<sup>1</sup>, Pedro Vallone<sup>4</sup>. Colaborador: Gabriel Prieto<sup>6</sup>*

#### INTRODUCCIÓN

El aporte de N por mineralización durante los cultivos de verano puede ser elevado en lotes provenientes de pasturas o con historia agrícola no muy intensa. De acuerdo a estimaciones realizadas en base al N potencialmente mineralizable, es factible que estos suelos liberen entre 100 y 250 kg de N ha<sup>-1</sup> con buena disponibilidad hídrica, durante el ciclo del cultivo de maíz (Echeverría, Bergonzi 1995). Keeney y Nelson (1982) y Echeverría et al (2000) encontraron que la incubación anaeróbica (Nan) de muestras de suelo por 7 o 14 d puede ser útil para estimar la capacidad de mineralización de los suelos. Calviño y Echeverría (2003) informaron que la respuesta del maíz a la fertilización nitrogenada fue escasa en lotes con elevados valores de Nan y que el Nan puede ser un parámetro promisorio para complementar el N disponible inicial a fin de explicar la respuesta a la fertilización nitrogenada en maíz para suelos del sudeste bonaerense.

El objetivo del trabajo consistió en evaluar, para la región pampeana núcleo, si la capacidad de mineralización de N del suelo, estimada por medio del Nan, contribuye a explicar la respuesta a la fertilización nitrogenada en maíz.

#### Materiales y Métodos

##### Características generales de los ensayos

Las características de los ensayos y de los suelos evaluados se presentan en la Tabla 1 y 2. El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizados, con tres o cuatro repeticiones y cuatro tratamientos: 0, 120, 160 y 200 kg N ha<sup>-1</sup> (suelo + fertilizante), por lo que la dosis de N surgió de la diferencia entre los niveles de disponibilidad planteados menos el contenido de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> del suelo a la siembra (de 0 a 60 cm). El fertilizante se aplicó como urea al voleo.

Se realizaron muestreos de suelo a la siembra del cultivo (0-20 cm) y se efectuaron incubaciones anaeróbicas de las muestras de suelos a 40°C por 7 d según lo propuesto por Gianello & Bremner (1986). Finalizado dicho período se determinó el N potencialmente mineralizable (NO) mediante la cuantificación del N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> producido durante la incubación. El N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> fue determinado por micro destilación por arrastre de vapor (Keeney; Nelson 1982).

Se determinó el rendimiento y la humedad en grano. En cada sitio, se determinó el rendimiento relativo (RR) como el cociente entre el rendimiento de cada tratamiento y el rendimiento promedio del tratamiento de mayor rendimiento. También se determinó la respuesta a N como diferencia entre el tratamiento de mayor rendimiento y el testigo. Se realizó análisis de la varianza del rendimiento en cada ensayo y cuando el efecto de tratamiento fue significativo (P 0.05), las medias de tratamientos fueron comparadas mediante el test de diferencia mínima significativa (DMS).

- 1 – EEA INTA Oliveros
- 2 – EEA INTA Pergamino
- 3 – Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes, Facultad de Agronomía (U.B.A.)
- 4 – EEA INTA Marcos Juárez
- 5 – EEA INTA Balcarce
- 6 – AER Arroyo Seco – Cañada Rica

Tabla 1 - Localización y algunas características agronómicas de los ensayos.

Ensayo	Hibrido	Fecha siembra	Densidad	Antecesor	Sistema
Maciel	NK900 TDMax	2 Sept	85000	Soja	SD
Cañada Rica	AX882 MG	16 Sept	80000	Soja	SD
Junin	Pio 31Y04 MG	28 Sept	76900	Soja 2*	SD
OHiggins	DM 2750	19 Sept	72000	Soja 2*	SD
Marcos Juarez Lote 3	DK 682 RR	22 Sept	78650	Soja	SD
Marcos Juarez Lote 4	DK 682 RR	22 Sept	78650	Soja	SD
Marcos Juarez Lote 14	DK 682 RR	22 Sept	78650	Soja	SD
Colón	SPS 2721 MG	1 Oct	80000	Soja 2*	SD
Pergamino	DK 747	9 Sept	80000	Soja	SD

Tabla 2 - Análisis químico de los suelos de los ensayos

	prof.	pH	CE dS/m	MO	Nt	P	N(NO)3	S(SO4)	Ca	Mg	Na	K	T
				%			ppm		me/100 g				
1	0-20cm	5.4	0.036	2.4	0.124	5.7	6.3	4.4	8.4	1.2	0.3	0.8	14.1
	20-40cm						3.7	3.3					
	40-60cm						6.8	2.7					
2	0-20cm	5.6	0.043	2.5	0.125	5	9	4.5	9.6	1.6	0.4	0.9	16.2
	20-40cm						7.8	3.8					
	40-60cm						6.1	2.7					
3	0-20cm	5.6	0.041	2.4	0.120	6.5	6.2	14	9.2	0.8	0.4	1.4	14.8
	20-40cm						3.7	8.8					
	40-60cm						2.7	6.6					
4	0-20cm	5.7	0.041	2.7	0.135	4.0	13.2	16	9.2	1.5	0.5	1.6	15.6
	20-40cm						12.9	8.8					
	40-60cm						8.7	9.4					
5	0-20cm	6		2.7	0,135	23	17						
	20-40cm						7.5						
	40-60cm						4.3						
6	0-20cm	6.1		2.8	0,140	38	43.6						
	20-40cm						14.4						
	40-60cm						7.4						
7	0-20cm	6		2.9	0,145	21	17.3						
	20-40cm						9.1						
	40-60cm						4.7						
8	0-20cm	5,6		1,9	0,095	6,1	9	10,5					
	20-40cm						5,1	8,3					
	40-60cm						2,7	9,4					
9	0-20cm	5,6		2,5	0,125	10	11,4	13,2					
	20-40cm						3,4	8,3					
	40-60cm						2,2	9,4					

1 = Maciel (Santa Fé), 2 = Cañada Rica (Sta. Fé), 3 = Junin (Bs. As.), 4 = OHiggins (Bs. As.), 5 = Marcos Juárez L3 (Córdoba), 6 = Marcos Juárez L4 (Córdoba), 7 = Marcos Juarez L14 (Córdoba), 8 = Colón (Buenos Aires) y 9 = Pergamino (Buenos Aires)

Tabla 3 – Tratamientos establecidos en los ensayos

Localidad	Tratamiento	N suelo	Nan	N fertilizante	N total	Observaciones
1	1	39	28,6	15	54	15 kg como PMA, resto como Urea
	2			81	120	
	3			121	160	
	4			161	200	
2	1	53	35,0	14	67	14 kg como PMA, resto como Urea
	2			67	120	
	3			107	160	
	4			147	200	
3	1	32	29,6	12	44	12 kg como PMA, resto como Urea
	2			96	120	
	3			136	160	
	4			176	200	
4	1	88	52,4	12	100	12 kg como PMA, resto como urea
	2			32	120	
	3			72	160	
	4			112	200	
5	1	69	34,0 (2,0)	0	69	100 Kg/ha de SPS a un costado y debajo de la semilla durante la siembra.
	2			49	120	
	3			91	160	
	4			131	200	
6	1	156	31,9 (9,5)	0	156	100 Kg/ha de SPS a un costado y debajo de la semilla durante la siembra.
	2			0	156	
	3			4	160	
	4			44	200	
7	1	74	37,9 (2,8)	0	74	100 Kg/ha de SPS a un costado y debajo de la semilla durante la siembra.
	2			46	120	
	3			86	160	
	4			126	200	
8	1	43	39,6 (7,6)	0	43	100 Kg/ha de SPS a un costado y debajo de la semilla a la siembra y 50 kg al voleo.
	2			77	120	
	3			117	160	
	4			157	200	
9	1	43	37,5 (3,2)	0	43	100 Kg/ha de SPS a un costado y debajo de la semilla a la siembra y 50 kg al voleo.
	2			77	120	
	3			117	160	
	4			157	200	

1 = Maciel (Sta. F ), 2 = Cañada Rica (Sta. F ), 3 = Junin (Bs. As.), 4 = OHiggins (Bs. As.). 5 = Marcos Juarez L3 (Córdoba), 6 = Marcos Juárez L4 (Córdoba), 7 = Marcos Juarez L14 (Córdoba), 8 = Col n (Buenos Aires) y 9 = Pergamino (Buenos Aires). Valor entre paréntesis = desvio estandar.

Nota: en la localidad 6 (lote4) de Marcos Juárez en el cuadro se presenta el promedio, pero en realidad como en la repetición 1 había 190 kg de N-NO<sub>3</sub> y en la 2 y 3 139 kg de N-NO<sub>3</sub>, se fertilizo en forma diferencial, es así que para la dosis de 160 en la repetición 1 no se fertilizo y en la repetición 2 y 3 se aplicó 21 kg de N (que más 139 dan los 160), y en la dosis de 200 la repetición 1 se fertilizo con 10 kg y la 2 y 3 con 61 Kg de N (que sumado a los 190 y 139 respectivamente, dan los 200 Kg de N que se había planteado).

## Rendimiento

En la Tabla 4 y en la Figura 1 se pueden observar los rendimientos (14 % humedad) por localidad. Se determinó respuesta significativa por la aplicación de N en cinco de los siete sitios, siendo el promedio de la misma de 2031 kg/ha con un mínimo de 886 y un máximo de 3388 kg/ha. El rendimiento relativo (RR) promedio fue de 0,79 con un máximo de 0,92 y un mínimo de 0,63.

Tabla 4 – Rendimientos en los diferentes tratamientos de fertilización

Localidad	Tratamiento	N total	Repeticiones				Promedio
			I	II	III	IV	
1	1	X	9046	8478	8773	9000	8824 b
	2	120 – X	10320	12563	10024	9604	10628 a
	3	160 – X	10347	10802	10164	10931	10561 a
	4	200 – X	10802	9481	11579	10976	10710 a
2	1	X	6951	6036	4958	4436	5596 b
	2	120 – X	7305	6986	6740	5885	6729 ab
	3	160 – X	7287	6951	6782	6584	6901 ab
	4	200 – X	6599	8233	7824	7560	7554 a
3	1	X	6029,4	5906,9	4779,4	6813,7	5882 c
	2	120 – X	8112,7	7818,6	9044,1	7794,1	8192 b
	3	160 – X	8161,8	9166,7	10563,7	9191,2	9271 a
	4	200 – X	6127,5	8137,3	7058,8	9779,4	7776 b
4	1	X	6446,4	7625,0	8767,9	8750,0	7897 b
	2	120 – X	Perdida	8464,3	9785,7	9928,6	9393 a
	3	160 – X	Perdida	9410,7	9446,4	10821,4	9893 a
	4	200 – X	7857,1	9517,9	9946,4	10232,1	9388 a
5	1	X	8514	6700	8528		7914 b
	2	120 – X	8285	7343	10814		8814 ab
	3	160 – X	9485	8057	12371		9971 a
	4	200 – X	9871	8842	9857		9523 a
6	1	X	9985	11514	11214		10904 a
	2	120 – X	8814	10371	12085		10423 a
	3	160 – X	9400	10957	13571		11309 a
	4	200 – X	9928	10671	11742		10780 a
7	1	X	9228	10542	10571		10113 a
	2	120 – X	11429	11829	10186		11148 a
	3	160 – X	11286	12028	10985		11433 a
	4	200 – X	13000	11871	11600		12157 a
8	1	X	9541	10710	11751		10668c
	2	120 – X	13728	12070	12261		12686b
	3	160 – X	12963	13940	11943		12948b
	4	200 – X	14705	15406	13303		14471a
9	1	X	4415	5405	5091		4970b
	2	120 – X	7656	8066	8310		8011a
	3	160 – X	8851	9172	7186		8403a
	4	200 – X	7862	10078	7823		8588a

Promedio de tratamiento seguido por letras distintas difieren según el test de diferencia mínima significativa ( $p < 0,05$ ).

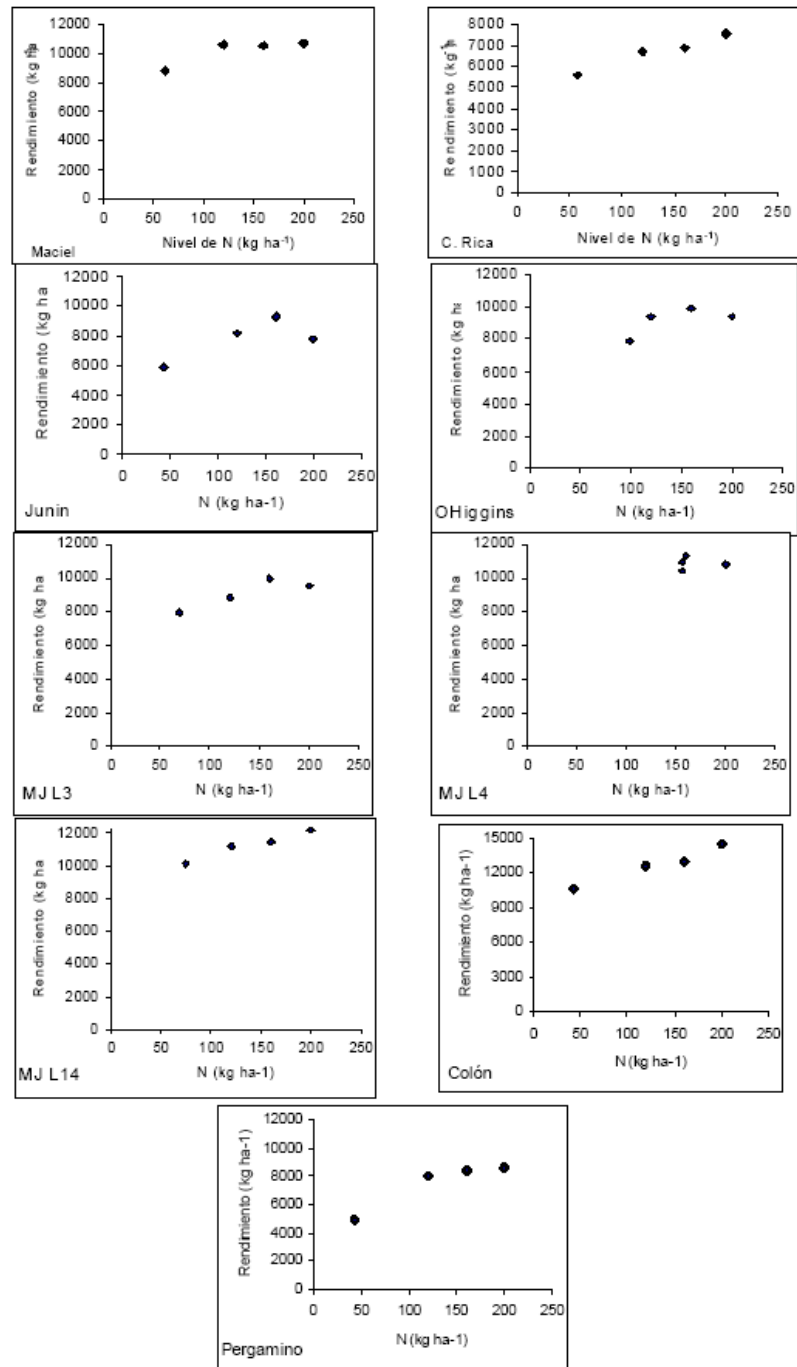


Figura 1 – Rendimiento en función del N disponible en los sitios estudiados.

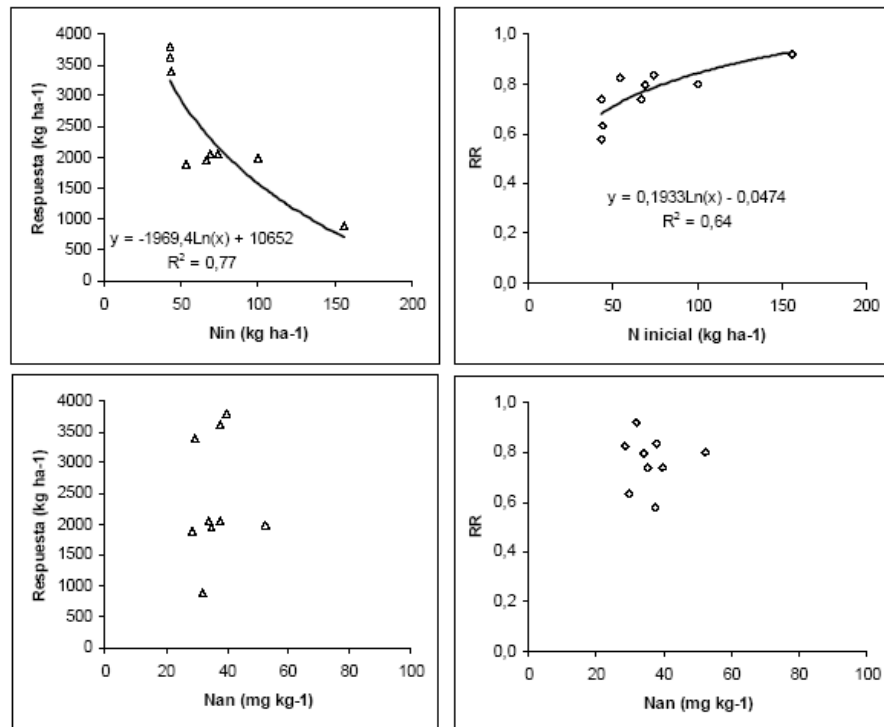


Figura 2: Respuesta a la fertilización nitrogenada y rendimiento relativo (RR) en función del N disponible inicial (Nin) y el N incubado anaeróbico (Nan).

Se determinó estrecha relación entre el Nin y la respuesta a N ( $r^2 = 0,77$ ) como así también entre esta variable y el RR del cultivo ( $r^2 = 0,64$ ). Por debajo de  $100 \text{ kg N ha}^{-1}$  se determinaron respuestas en grano superiores a los  $1500 \text{ kg}$  y en el sitio con más de  $150 \text{ kg N ha}^{-1}$  no hubo respuesta al agregado de N. Estos resultados confirmarían la factibilidad de continuar empleando esta metodología de diagnóstico en la región pampeana centro, tal como lo han señalado otros autores (Salvagiotti et al., 2002; Madonni et al., 2003; Ruiz et al., 2004).

Por el contrario, el Nan no se asoció a la respuesta a N ni al RR (Figura 2). Tampoco contribuyó significativamente a mejorar los ajustes con el Nin en ecuaciones de regresión múltiple. Estos resultados indican que el Nan no contribuyó a explicar la respuesta a N ni el RR del maíz en la zona pampeana núcleo. Estos resultados podrían explicarse por los bajos valores de Nan determinados en estos suelos, los que provenían de lotes con prolongada actividad agrícola. En un solo sitio se registraron valores de Nan por encima  $48 \text{ mg N kg}^{-1}$ , valor considerado umbral entre sitios con y sin respuesta al agregado de N (Calvino et al., 2005). Por lo tanto, la intensa historia agrícola de los lotes evaluados, probablemente condicionó el aporte de N por mineralización en estos suelos.

Se considera conveniente confirmar estos resultados en lotes en los que el aporte por mineralización pueda ser más relevante.

### Bibliografía

- Calvino, P.; Echeverría, H.; Saínz Rozas, H.; Redolatti, M. y Barbieri, P. Contribución de la capacidad de mineralización del suelo al diagnóstico de requerimiento de nitrógeno en maíz. VIII Congreso Nacional de Maíz. Rosario. 16-18 de Noviembre de 2005. Actas 182-185.
- Echeverría HE & R Bergonzi. 1995. Estimación de la mineralización de nitrógeno en suelos del sudeste bonaerense. Boletín Técnico 135. Est. Exp. Agrup. INTA Balcarce. 15pp.

- Echeverría HE; NF San Martín y R Bergonzi. 2000. Métodos rápidos de estimación del nitrógeno potencialmente mineralizable en suelos. *Ciencia del Suelo*. 18:9-16.
- Gianello C & Bremner. 1986. A simple chemical method of assessing potentially available organic nitrogen in soil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 17: 195-214.
- Keeney DR & DW Nelson. 1982. Nitrogen inorganic forms. En A.L. Page et al (ed) *Methods of Soil Analysis. Part 2 Agron. Monog 9 ASA and SSSA*, Madison, Wisconsin, EEUU. p: 643-698.
- Madonni, G; R. Ruiz; P. Villarino y R. García. 2003. Fertilización en los cultivos de granos. En *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. EFA-UBA. Pág. 499-557.
- Ruiz, R; G.A. Madonni; J.L. Mercau y E. Satorre. 2004. Bases para la fertilización de maíz en la región litoral sur de AACREA (Pcia de Entre Ríos). XIX Cong. Arg. *Ciencia del Suelo*, actas en CD 5 pág.
- Salvagiotti, F.; H. Pedrol; J. Castellarin; J. Capurro; J.C. Felizia; A Gargicevich; O. Gentili; J. Mendez y N. Trentino. 2002. Diagnóstico de la fertilización nitrogenada en maíz. 1. Relación entre la respuesta en rendimiento y la disponibilidad de nitrógeno a la siembra. *PATRA mejorar la producción*. 20:67-70.