

Mejoramiento de la eficiencia de uso del nitrógeno mediante técnicas de sensoramiento remoto.

INTA EEA Paraná - Aapresid - Profertil S.A. - Campaña 2006/07

- Ing Agr MSc. Ricardo J M Melchiori · INTA EEA Paraná, Gpo. de T. RN y FA
- Ing. Agr. MSc. Agustín Bianchini · Aapresid
- Dr. Octavio P Caviglia · INTA EEA Paraná
- Ing Agr Susana Albarenque · INTA EEA Paraná

PALABRAS CLAVES

Maíz, FERTILIZACIÓN, NITRÓGENO, DOSIS, AGRICULTURA DE PRECISIÓN, SENSORAMIENTO REMOTO, ALGORITMOS, FECHA DE SIEMBRA, APLICACIÓN, EFICIENCIA, RENDIMIENTO.

El presente informe contiene la descripción de las actividades realizadas en el marco del convenio, y los resultados obtenidos acerca del mejoramiento de la eficiencia de uso del nitrógeno mediante técnicas de sensoramiento remoto.

El ajuste de las prácticas de fertilización, en un contexto con precios de fertilizantes tendientes a la suba, merece una creciente atención, en especial en lo concerniente al desarrollo y evaluación de herramientas y/o procedimientos orientados al mejoramiento de la eficiencia de uso del nitrógeno.

Momentos de fertilización nitrogenada en Maíz: efecto de la dosis en Siembra Directa sobre el desarrollo del cultivo, la capacidad de detección de deficiencias, la respuesta a la fertilización y eficacia de los algoritmos de diagnóstico y recomendación de N respecto a la fertilización en dosis fija.

Se realizó un experimento en el campo experimental de la EEA Paraná. Se evaluaron 24 tratamientos combinando distintos niveles de N aplicados a la siembra (0-70-140 y 210 kg N ha⁻¹) y refertilizaciones con 70 kg N ha⁻¹, en los estadios de V6, V8, V10, V12 y V14. El experimento se dispuso en un DBCA con cuatro repeticiones, con unidades experimentales de 5 surcos (0,525 m de espaciamiento) y 10 m de longitud.

Resultados:

Las propiedades químicas del suelo al momento de la siembra mostraron, un contenido medio de N total, un alto contenido de materia orgánica, y un contenido medio de P de 21 ppm.

Las características climáticas de la campaña 2006, mostraron déficits hídricos importantes durante los estadios iniciales (meses de septiembre a noviembre), situación que se revirtió tardíamente en diciembre, que permitió sobrellevar sin inconvenientes el leve estrés climático (lluvias – ETP) del mes de enero y febrero.

Si bien el cultivo sufrió una gran limitación hídrica durante el período vegetativo, las condiciones climáticas durante el período crítico le permitieron alcanzar los altos rendimientos medios que se observaron.

Los resultados de la campaña 2006/07, muestran que el rendimiento del cultivo se incrementó significativamente por efecto de la fertilización nitrogenada aplicada a la siembra ($p < 0.001$), así como también por efecto de la refertilización ($p < 0.001$).

De manera general, no hubo efecto del momento de refertilización (estadios V6 a V14) sobre el rendimiento, la respuesta a N, ni sobre la EUN, lo cual valida los resultados obtenidos en campañas

Tabla 1: Rendimiento, componentes numéricos del rendimiento y materia seca acumulada en maíz, en respuesta a la fertilización en siembra y refertilizaciones en distintos estadios.

N aplicado en siembra kg/ha	Momentos de refertilización	Rendimiento Kg /ha	Peso grano mg	Nº granos m-2	MS total Kg /ha
0	s/refertilización	9977	218	4571	16395
	V6	12615	232	5442	21549
	V8	12280	234	5257	18711
	V10	12221	233	5246	15911
	V12	11067	232	4769	19872
	V14	11405	239	4767	16504
70	s/refertilización	11288	232	4858	21479
	V6	13290	244	5441	25146
	V8	12557	246	5114	18246
	V10	14219	253	5625	24149
	V12	13660	257	5317	23931
	V14	14094	240	5881	24549
140	s/refertilización	13574	250	5434	18329
	V6	15008	256	5859	22972
	V8	15600	251	6205	26211
	V10	14739	252	5844	26876
	V12	14369	258	5565	21920
	V14	14021	266	5274	23255
210	s/refertilización	14302	253	5663	26451
	V6	14071	244	5771	26850
	V8	15520	256	6062	26880
	V10	13554	253	5353	23574
	V12	14686	244	6026	22189
	V14	13377	257	5215	24973

* Dosis de N en refertilización en estadios de V6 a V14: 70 kg N/ha

anteriores, y sustenta la idea de ampliar la ventana de aplicación del N hasta estadios más tardíos en el cultivo de maíz. La única variable que se vio afectada por los momentos de refertilización fue el peso de los granos, el cual fue mayor en todos los tratamientos con refertilización respecto a los tratamientos que solo recibieron el N aplicado al momento de la siembra.

Las figuras, 2 a y b, muestran las relaciones entre la respuesta del cultivo al agregado de N, y la eficiencia de uso del N aplicado en refertilización.

De manera consistente con los resultados de otras campañas, las dosis variables (SBNRC) aplicadas en estadios más tardíos fueron menores a la dosis fija y a las prescritas en estadios más tempranos.

De manera complementaria a lo realizado en experiencias anteriores, se determinó previo a cada momento de refertilización (V6, V8, V10, V12 y V14) el índice de área foliar, la concentración y

cantidad de N acumulado en planta, a fin de caracterizar las variables del cultivo comúnmente más relacionadas al índice de verdor normalizado (NDVI).

La materia seca (MS) acumulada, mostró menos sensibilidad al cambio en la disponibilidad de N, aunque siguió una tendencia similar al IAF con el que se asoció muy estrechamente ($r^2 = 0,90$).

El patrón de acumulación de N, se asoció fuertemente al IAF ($r^2 = 0,82$) y tampoco evidenció efectos fuertes del N aplicado ($r^2 = 0,30$).

Evaluación del Efecto de la Fecha de Siembra sobre la respuesta a la refertilización y eficacia de los algoritmos de diagnóstico y recomendación de N respecto a la fertilización en dosis fija.

Se realizó un experimento adicional al realizado en fecha de siembra óptima (principios de septiembre) informado anteriormente, el que se implantó en una fecha de segunda, a fines de diciembre.

Tabla 2: Rendimiento en grano del cultivo de maíz, respuesta a la fertilización y eficiencia de uso del N aplicado en siembra y en refertilizaciones fijas (70 kg N/ha) en distintos estadios (V6 a V14).

N en siembra kg/ha	Momentos de refertilización	N total	Rendimiento Kg ha-1	Respuesta a N aplicado		EUN (kg grano / kg N aplicado)	
				Total	En refertilización	N total	N en refertilización
0	s/refertilización	0	9977				
	V6	70	12615	2637	2637	38	38
	V8	70	12280	2302	2302	33	33
	V10	70	12221	2244	2244	32	32
	V12	70	11067	1090	1090	16	16
	V14	70	11405	1427	1427	20	20
70	s/refertilización	70	11288	1311		9	
	V6	140	13290	3313	2002	24	29
	V8	140	12557	2580	1269	18	18
	V10	140	14219	4241	2930	30	42
	V12	140	13660	3683	2372	26	34
	V14	140	14094	4117	2806	29	40
140	s/refertilización	140	13574	3597		17	
	V6	210	15008	5030	1434	24	20
	V8	210	15600	5623	2026	27	29
	V10	210	14739	4761	1165	23	17
	V12	210	14369	4391	794	21	11
	V14	210	14021	4043	447	19	6
210	s/refertilización	210	14302	4324		15	
	V6	280	14071	4093	-	15	-
	V8	280	15520	5542	1218	20	17
	V10	280	13554	3577	-	13	-
	V12	280	14686	4709	384	17	5
	V14	280	13377	3399	-	12	-

En este experimento se evaluaron combinaciones de niveles de N aplicado a la siembra (0, 70, 140 y 210) y refertilizaciones con 70 kg de N/ha en dosis fija y aplicando la recomendación de del SBNR-OSU (Método de Oklahoma). Los experimentos se dispusieron en un DBCA con cuatro repeticiones. Se realizó una lectura con un sensor GREEN SEEKER en el estadio V12.

Resultados:

Los resultados obtenidos en siembra de diciembre, mostraron bajos rendimientos en general y relativamente altos niveles de rendimiento en los testigos, probablemente debido a la mayor mineralización acumulada en el suelo producto de la mayor temperatura media. Se observó además escasa a nula respuesta al agregado de N, a partir de lo cual los resultados de este experimento no aportan información significativa a la comparación de estrategias de refertilización.

La Figura 7, muestra que la relación entre el rendimiento en las dos estrategias evaluadas (refertilización fija vs. variable con el SBNRC), los rendimientos medios ajustan a la relación 1:1; demostrando el beneficio importante de la práctica de sensoramiento, que permitió anticipar la escasa o nula necesidad adicional de N.

Consideraciones finales:

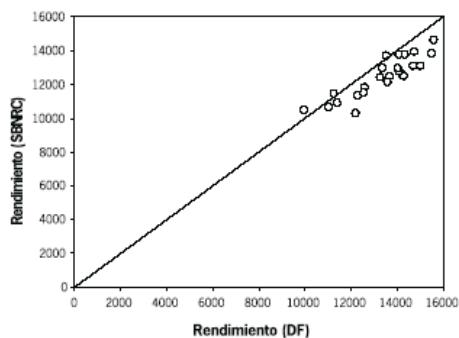
Estos resultados obtenidos en una campaña con condiciones hídricas restrictivas tanto para el rendimiento, como para el aprovechamiento del N, resultan alentadores ya que en estas circunstancias la utilización del diagnóstico basado en el uso de sensores remotos significó un ahorro importante de N que impacta fuertemente en el retorno a la inversión realizada en el cultivo.

Las evaluaciones específicas en fechas tardías son consistentes con resultados obtenidos en las campañas anteriores (informes

Tabla 3: Rendimiento en grano del cultivo de maíz, respuesta a la fertilización y eficiencia de uso del N aplicado en siembra y en refertilizaciones según recomendación con el algoritmo (SBNRC = recomendación variable) en distintos estadios.

N en siembra kg/ha	Momentos de refertilización	N total	Rendimiento Kg ha-1	Respuesta a N aplicado		EUN (kg grano / kg N aplicado)	
				Total	En refertilización	N total	N en refertilización
0	s/refertilización	0	10477				
	V6	49	11826	1349	1349	27	27
	V8	49	11302	825	825	17	17
	V10	40	10297	0	0	-	-
	V12	27	10677	200	200	8	8
	V14	24	10903	426	426	17	17
70	s/refertilización	70	11418	941		13	
	V6	113	12440	1963	1022	17	24
	V8	93	11511	1034	93	11	4
	V10	92	12592	2115	1174	23	54
	V12	91	12493	2016	1075	22	51
	V14	91	12752	2275	1334	25	63
140	s/refertilización	140	12127	1650		12	
	V6	172	13087	2610	959	15	30
	V8	163	14582	4105	2455	25	105
	V10	169	13930	3453	1802	20	61
	V12	162	13724	3247	1597	20	74
	V14	162	12935	2458	808	15	37
210	s/refertilización	210	12481	2004		10	
	V6	236	13730	3253	1248	14	49
	V8	240	13826	3349	1345	14	44
	V10	236	13691	3214	1209	14	47
	V12	229	13074	2597	592	11	31
	V14	230	12938	2461	457	11	23

Figura 1: Relación entre rendimiento del cultivo de maíz con refertilización fija (DF = 70 kg de N aplicado en cada estadio) vs. Rendimiento con refertilización según recomendación con el algoritmo (SBNRC=recomendación variable) (campaña 2005/2006, Paraná, ER., fecha de siembra óptima)



2003 y 2004) donde tanto el grado de estrés por N, así como la respuesta a la fertilización son por lo general bajas.

Agradecimientos:

Este ensayo ha sido posible gracias al apoyo de la empresa Profertil.

Figura 2. Relación entre la dosis de nitrógeno aplicado, el rendimiento del cultivo y la eficiencia de uso del N (EUN) para producir grano. Tratamientos con refertilización fija (a) y variable asistida mediante el uso del SBNRC (b).

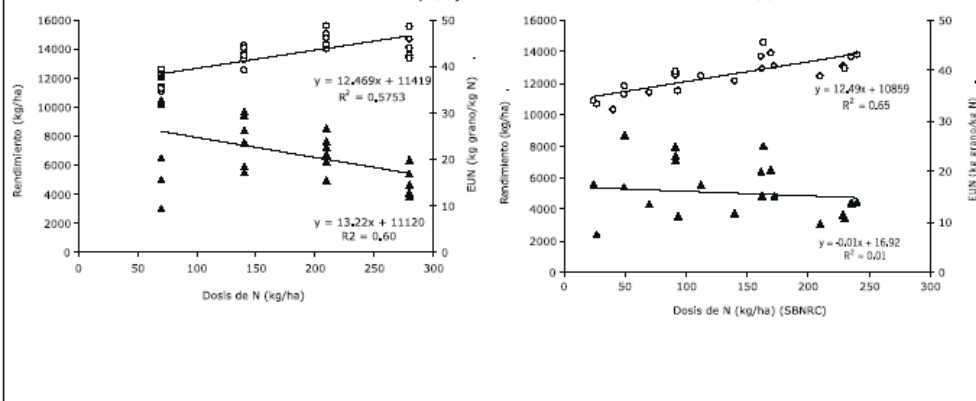


Figura 3: Eficiencia media de uso del nitrógeno aplicado total (EUN = kg de grano por kg de N aplicado) para distintos estadios de desarrollo del maíz según nivel de N aplicado a la siembra, y dos estrategias de aplicación: dosis fija y variable según el SBNRC.

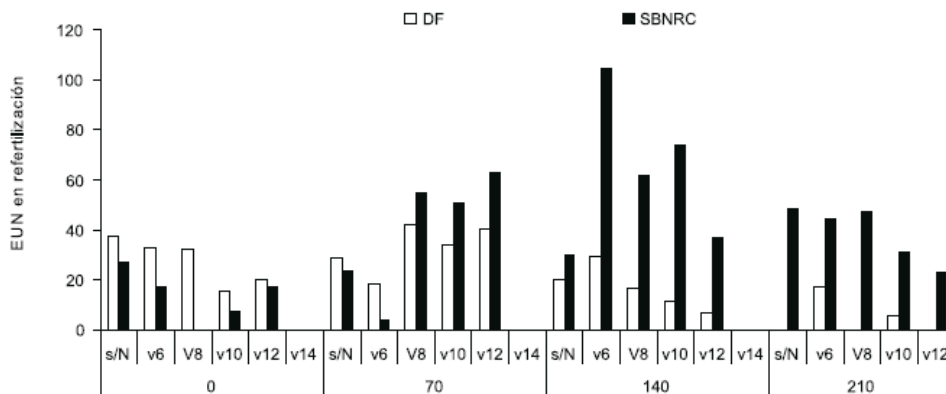


Figura 4: Evolución del IAF para los estadios de V6, V8, V10, V12 y V14, en función de distintos niveles de N aplicados a la siembra (0, 70, 140 y 210 kg de N/ha).

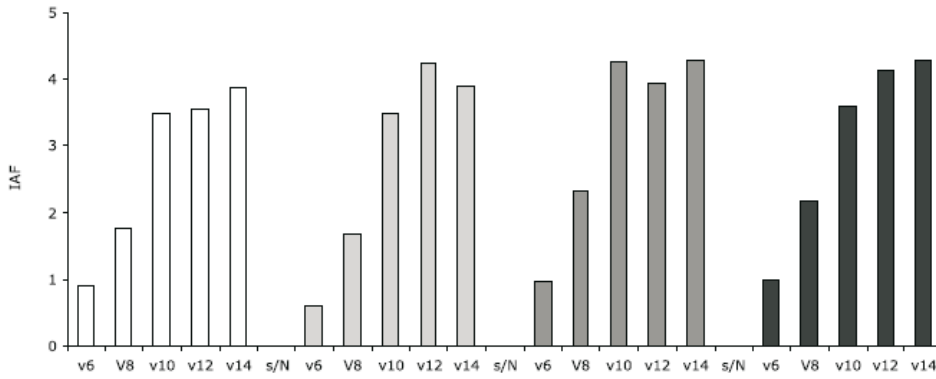


Tabla 6: Rendimiento y componentes del rendimiento en maíz en siembra tardía

Dosis de N aplicada Siembra	Refertilización	Rendimiento kg/ha	Granos/m2	Peso de granos (mg)
0	0	6293	2966	214
	70	5711	2702	212
	SBNRC	5335	2436	219
70	0	6067	2859	212
	70	6530	3096	211
	SBNRC	6289	2794	225
140	0	5919	2790	211
	70	4715	2283	204
	SBNRC	4626	2143	215
210	0	5166	2643	197
	70	4964	2353	210
	SBNRC	4662	2197	212

SBNRC: refertilización según recomendación mediante el empleo del método de OSU, basado en mediciones con el Green Seeker.

Tabla 7: Dosis de nitrógeno aplicado y respuesta a la fertilización en maíz en siembra tardía para dos estrategias de manejo del N: dosis fija y dosis variable utilizando el SBNRC.

Tratamiento	N aplicado		Respuesta a N total (c)	Respuesta a refertilización (d)	EUN (kg grano/kg de N)	
	Total (a)	Refertilización (b)			(a/c)	(b/d)
0	0	0				
	70	70	0	0	-	-
	SBNRC	12	0	0	-	-
70	70	0	0		-	
	140	70	237	464	2	7
	SBNRC	10	0	223	-	22
140	140	0	0		-	
	210	70	0	0	-	-
	SBNRC	11	0	0	-	-
210	210	0	0		-	
	280	70	0	0	-	-
	SBNRC	5	0	0	-	-

Figura 7: Relación entre el rendimiento del cultivo de maíz obtenido con dos estrategias de manejo del nitrógeno: dosis fija (DF) y refertilización variable utilizando el SBNRC (siembra de diciembre).

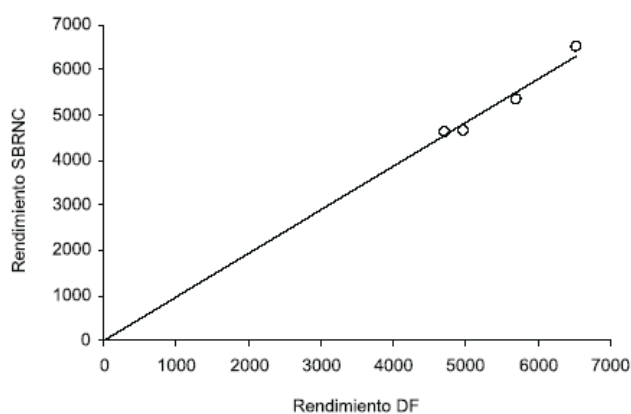


Figura 8: Dosis de N aplicado en refertilización para dos estrategias de aplicación: dosis fija y variable según el SBRNC, en fecha de siembra tardía

