

MOMENTO DE APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y RESPUESTA A LA FERTILIZACION EN MAIZ CONVENIO INTA– PROFERTIL SA

Ing. Agr. Fernando Salvagiotti

Nutricion Vegetal y Fertilidad de suelos – EEA Oliveros - INTA

El nitrógeno es el nutriente mineral que limita en mayor medida la producción de los cultivos. La movilidad de este nutriente en el sistema suelo – planta es alta, por lo que los riesgos de perdidas del mismo en el sistema pueden ser importantes de acuerdo a las condiciones edafo-climáticas del sistema y el manejo de los fertilizantes.

El manejo del momento de la fertilización del cultivo es una de las estrategias a tener en cuenta para disminuir las perdidas de nitrógeno por lixiviación, ya que en la medida que la oferta de nutrientes del suelo se sincronice con la demanda del cultivo, mayor será la eficiencia en el uso del fertilizante nitrogenado. En maíz, la demanda de nitrógeno del cultivo se incrementa a partir de la aparición de la sexta hoja, por lo que en la medida que mas cerca de este momento se fertilice mayor seria la eficiencia. Sin embargo, la eficacia de posponer la fertilización estará afectada por factores como la textura del suelo (más liviano, mayor potencial de perdida de nitratos) o la frecuencia de ocurrencia de lluvias en el periodo entre la siembra y sexta hoja.

En este contexto es importante estudiar ese tipo de interacciones en distintas condiciones de suelo, para conocer el impacto en la división de la fertilización en el cultivo de maíz.

En el presente trabajo se hipotetiza que si se realizan muestreos de suelos periódicamente durante el periodo de menor demanda de nitrógeno del cultivo (desde emergencia hasta sexta hoja) es posible sincronizar en forma mas adecuada la oferta – demanda de este nutriente y de esta forma hacer mas eficiente el uso del fertilizante nitrogenado, ajustando las dosis de fertilizante con la oferta del suelo.

El objetivo de este trabajo fue el de encontrar evidencias que permitan un mejor ajuste de la fertilización con nitrógeno de acuerdo a la disponibilidad del mismo en diferentes momentos entre la siembra y V₆.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizo durante la campaña 2003-04, en un lote agrícola cuyas características se muestran en la Tabla 1. Las características de implantación del cultivo pueden observarse en la Tabla 2.

Tabla 1 – Características generales del ensayo.

Sistema de Labranza	Años Agricultura	Tipo de suelo	Serie de suelo	Cultivo antecesor
Siembra Directa	> 30	Argiudol típico	Serie Maciel	Soja 1ra

Tabla 2 – Características de la implantación del ensayo

Campaña	Cultivar	Fecha siembra	Espaciamiento Entre líneas	Densidad
2003-04	Siroco TD	24-09	0.525	70000 pl ha ⁻¹

Dos estrategias de aplicación del fertilizante nitrogenado fueron evaluadas:

- a) Dosis completa: dosis de fertilizante nitrogenado necesario para alcanzar una disponibilidad de 150 kg de N en diferentes momentos entre la siembra y la aparición de la sexta hoja, de acuerdo a la disponibilidad de nitrógeno en los primeros veinte cm en cada uno de esos momentos, y
- b) Dosis dividida: 50% a la siembra y 50% en diferentes momentos entre la siembra y la aparición de la sexta hoja, de acuerdo a la disponibilidad de nitrógeno a veinte cm de profundidad (Tabla 3).

Los tratamientos evaluados surgieron de la combinación de cuatro momentos de aplicación del fertilizante nitrogenado (S = siembra, V₂, V₄ y V₆). Se buscó alcanzar una disponibilidad de 150-x (x es el nivel de N en los primeros veinte cm del suelo a partir del análisis de nitratos en cada momento). La fertilización se

realizó al voleo utilizando urea como fuente nitrogenada.

Tabla 3 – Estrategias de fertilización: a) Dosis completa y b) Dosis dividida en distintos momentos del ciclo del cultivo de maíz (S= siembra; V₂= 2da hoja expandida; V₄= 4ta hoja expandida; V₆=6ta hoja expandida) para alcanzar una disponibilidad de 150 – x kg de N, según la disponibilidad de nitratos en cada momento.

	Estrategia fertilización	Momento
1	Testigo	
2	100% en	S
3	100% en	V ₂
4		V ₄
5		V ₆
6	50% a la siembra + 50% en	V ₂
7		V ₄
8		V ₆

Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Se incluyó un testigo para conocer la magnitud de la respuesta a la fertilización con N. El ensayo se mantuvo libre de malezas e insectos. Se fertilizó con P y S, para evitar la interferencia de este nutriente en los resultados.

Previo a cada fertilización una muestra compuesta fue extraída en los primeros veinte centímetros del suelo en cada unidad experimental, y se determinó la concentración de nitratos a través del método de fenol disulfónico. Con esta

información se estimó la disponibilidad de nitrógeno del suelo.

A cosecha se midió el rendimiento y sus componentes. Los resultados fueron analizados a través del análisis de la varianza.

RESULTADOS

Condiciones climáticas

En la Figura 1 puede observarse que las precipitaciones registradas durante el ciclo del cultivo estuvieron por debajo de los registros históricos. Las bajas precipitaciones durante enero-febrero afectaron el llenado de granos del cultivo y por ende el rendimiento potencial. Entre la siembra y la aplicación de fertilizante en V₂ llovieron 79 mm, entre V₂ y V₆ 5 mm y entre V₄ y V₆ 19 mm.

Las temperaturas máximas y mínimas medias mensuales estuvieron dentro del rango registrado en el periodo histórico desde mediados de Noviembre hasta la cosecha. Sin embargo en el periodo vegetativo temprano del cultivo desde la emergencia hasta el estado de V₆, las temperaturas mínimas y máximas estuvieron por encima del registro histórico. Durante Octubre, la temperatura mínima tuvo valores mensuales 32% superiores al valor de la serie climática de 50 años.

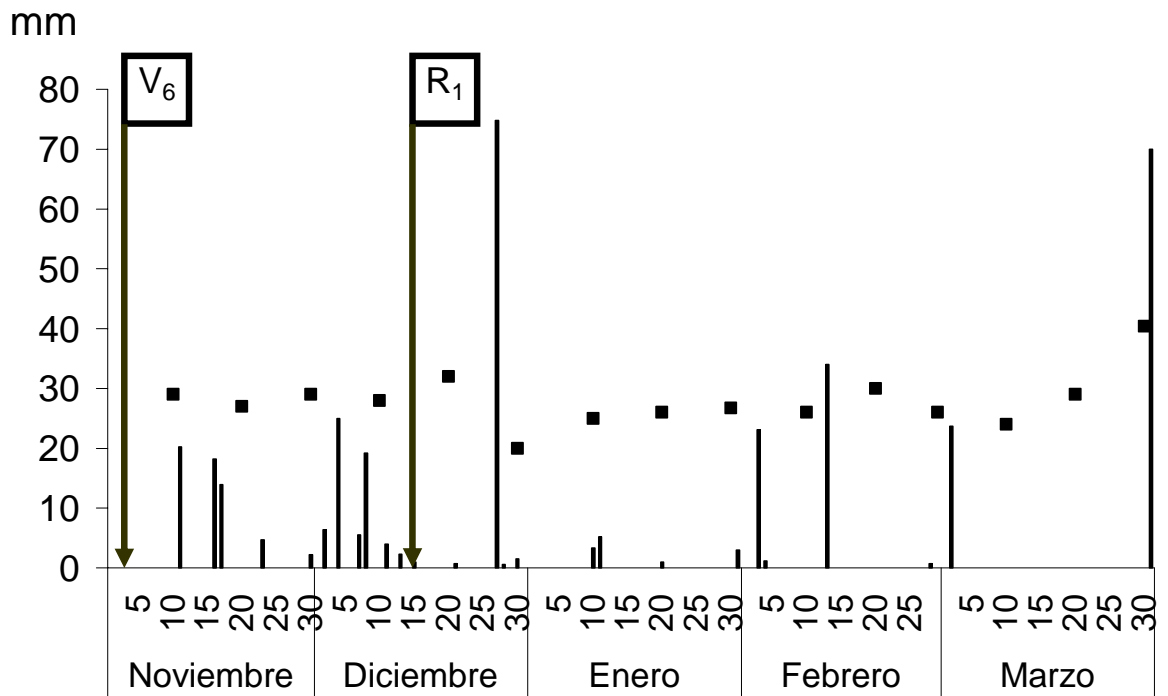
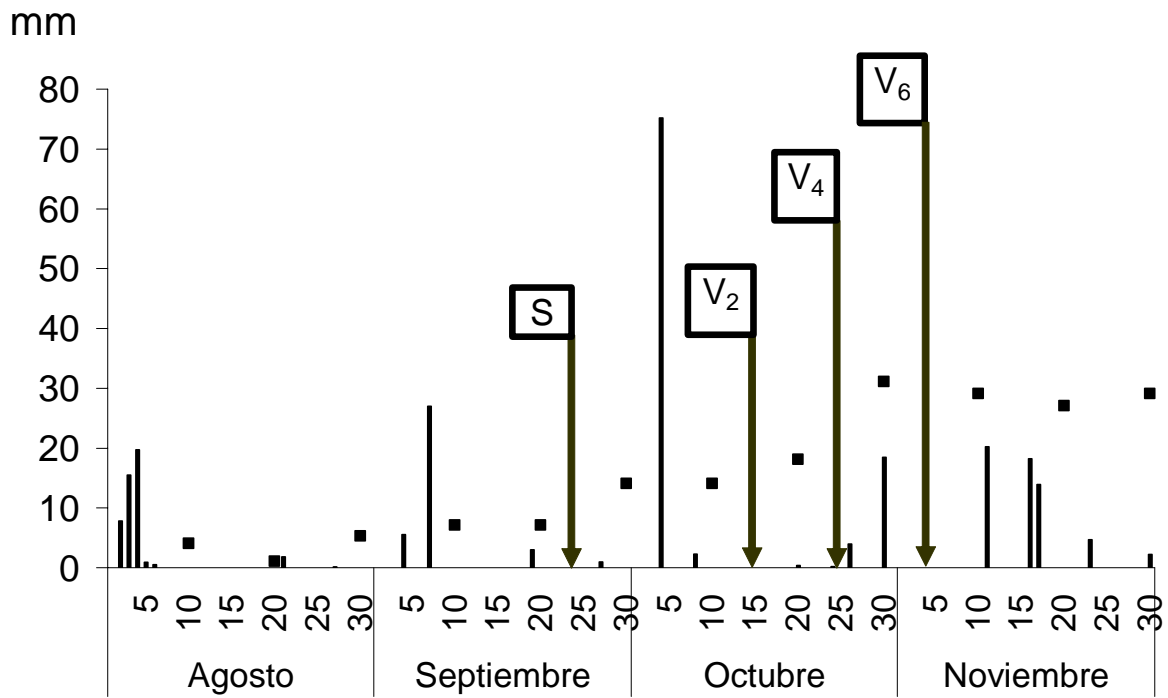


Figura 1 – Precipitaciones medias mensuales durante el ciclo del cultivo de maíz. Las flechas indican el momento en que se realizó la fertilización con nitrógeno (V_x) y el momento de floración (R₁). Los puntos indican la probabilidad media de ocurrencia de precipitaciones en la serie Oliveros 1951-2004.

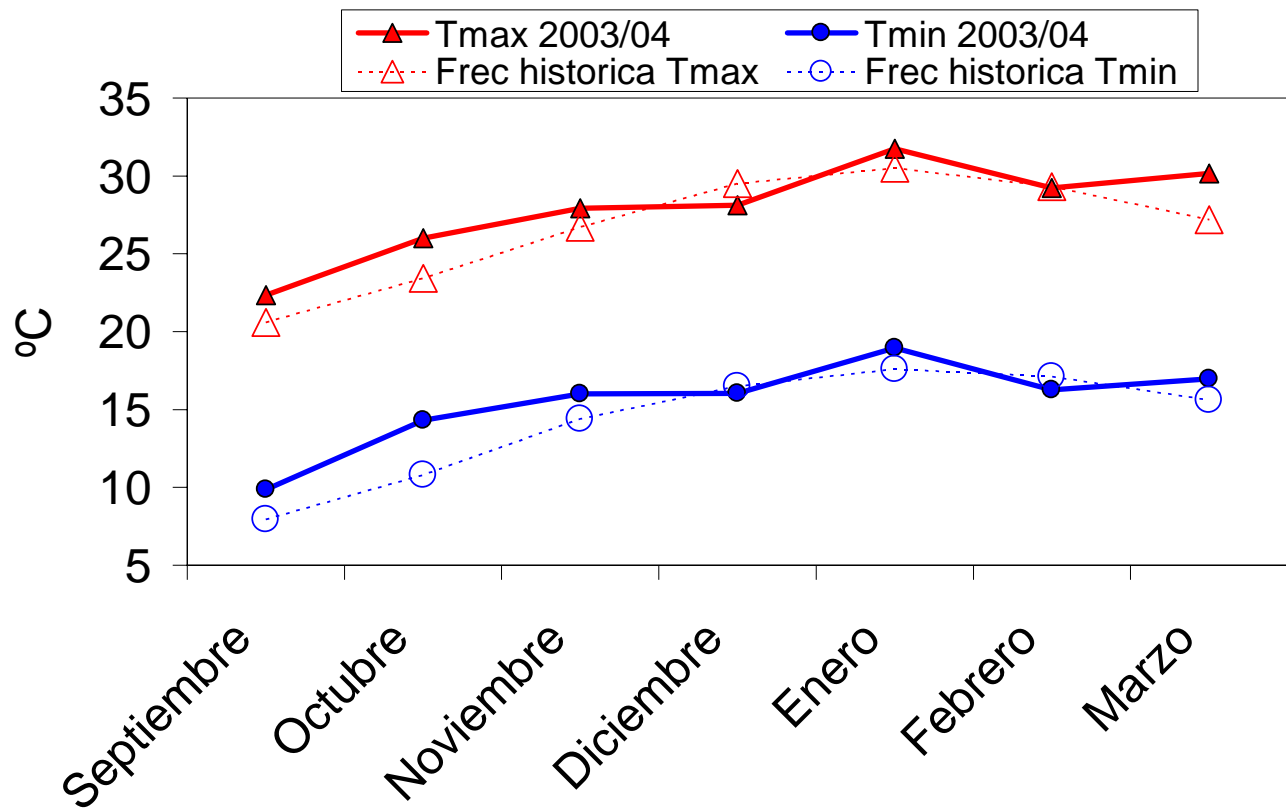


Figura 2 – Temperatura máxima y mínima media mensual durante el ciclo del cultivo de maíz.

Condiciones edáficas

En la Tabla 4 se pueden observar los parámetros químicos de suelo de 0 a 20 cm de profundidad. El contenido de P en el suelo estuvo en niveles por encima del umbral crítico de respuesta a la fertilización con fósforo, mientras que el contenido de materia orgánica estuvo por debajo de 2 % lo que caracteriza la alta degradación química del lote

Tabla 4 – Análisis químico del suelo en tres profundidades

Profundidad	Materia Orgánica	pH	P	K	S-SO4
cm.	%		ppm		
0-20	1,98	5,4	21	536	5.4
20-40					4.0
40-60					4.9

Dosis de nitrógeno a aplicar según momento

La disponibilidad de nitrógeno en los primeros veinte centímetros de suelo a la siembra del cultivo de maíz fue de 20 kg ha⁻¹, por lo que la dosis de fertilizante nitrogenado aplicado fue de 130 kg ha⁻¹ (Tabla 5).

La concentración de nitratos en el suelo no aumentó significativamente desde la siembra hasta V₆ (Tabla 5, Tratamientos 2, 3 4 y 5). Cuando el cultivo fue fertilizado con el 50% de la necesidad de nitrógeno a la siembra (Tratamientos 6, 7 y 8), la concentración de nitratos se incrementó al alcanzar el estadio de V₆ en un 30% respecto de la concentración observada a la siembra. Sin embargo, este incremento solo disminuyó el aporte de nitrógeno como fertilizante en 5 kg (Tabla 5). Las dosis de nitrógeno aplicadas estuvieron en un rango desde 127 hasta 136 kg de N ha⁻¹, no observándose importantes diferencias en los distintos momentos

de fertilización (Tabla 5).

Es importante destacar que los momentos de fertilización definidos en el ensayo fueron teniendo en cuenta los estadios fenológicos vegetativos del cultivo de maíz, lo cual no está asociado a la dinámica del nitrógeno en el suelo. El periodo entre la siembra y V_2 , V_4 y V_6 fue de 15, 25 y 33 días, respectivamente. En consecuencia la potencial ventaja de muestrear el suelo con posterioridad a la siembra con el objetivo de reducir la dosis de fertilizante nitrogenado a aplicar no se mostró una magnitud significativa.

Tabla 5 – concentración de nitratos en los primeros veinte centímetros del suelo (media de tres repeticiones) y niveles de nitrógeno aplicado en los diferentes tratamientos.

	Estrategia fertilización	Momento	Concentración N-NO ₃ (ppm)		Nivel de N a aplicar (kg ha ⁻¹)		
			Siembra	V _x	Siembra	V _x	
2	100% en	S	8.5 ± 0.4	-	130	0	130
3	100% en	V ₂	-	6.0 ± 0.15	0	136	136
4		V ₄	-	8.1 ± 0.33	0	131	131
5		V ₆	-	9.3 ± 0.39	0	128	128
6	50% a la siembra + 50% en	V ₂	8.5 ± 0.4	6.6 ± 0.45	65	67	132
7		V ₄	8.5 ± 0.4	7.0 ± 0.86	65	67	132
8		V ₆	8.5 ± 0.4	11.1 ± 1.2	65	62	127

Rendimiento del cultivo y respuesta a la fertilización.

El rendimiento promedio del ensayo fue de 7593 kg ha⁻¹. El déficit hídrico ocurrido durante el periodo de llenado de granos fue un factor que limitó la expresión del potencial de rendimiento del cultivo. El tratamiento sin fertilización nitrogenada alcanzó un rendimiento de 5766 kg ha⁻¹. La fertilización con nitrógeno incrementó el rendimiento un 36% en promedio, poniendo de manifiesto el grado de degradación química del lote que se manifestó a pesar de las limitaciones del cultivo para expresar el rendimiento.

A pesar de contar con similares contenidos de nitratos en el suelo en los diferentes momentos de fertilización del cultivo, se observaron diferencias significativas en el rendimiento del cultivo de acuerdo al momento en que se aplicó el fertilizante.

La hipótesis de este ensayo era probar que en la medida que el ciclo del cultivo avanza, una mayor disponibilidad de nitrógeno implicaría el uso de una dosis menor de fertilizante y los rendimientos obtenidos serían similares. El rendimiento fue de similar magnitud cuando se aplicó la totalidad de la dosis de fertilizante a la siembra del cultivo que dividir la mitad de la dosis a la siembra y corregir la dosis de fertilizante en V₄ o V₆ de acuerdo al contenido de nitrógeno en el suelo en esos estadios, sin embargo la dosis final de nitrógeno fue la misma, debido a que la mineralización de este nutriente no fue tan intensa, como consecuencia de la baja ocurrencia de precipitaciones y las altas temperaturas que pudieron afectar la eficiencia del fertilizante al aumentar pérdidas por volatilización.

Por otra parte, la fertilización para alcanzar los 150 kg de N ha⁻¹ realizada en cada uno de los estadios presentó un rendimiento significativamente inferior (P<0.05) respecto de las alternativas de división de la fertilización en dos momentos.

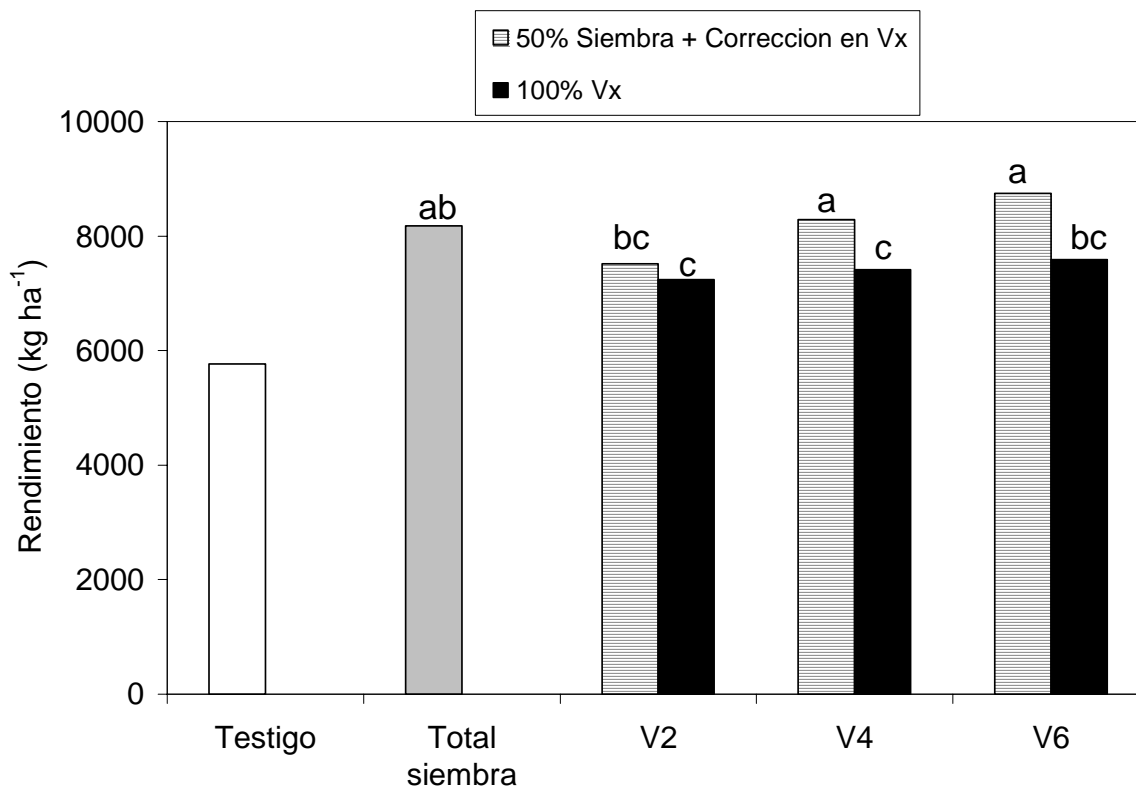


Figura 3 – Rendimientos de los diferentes tratamientos con fertilización nitrogenada en distintos momentos del ciclo del cultivo de maíz. Columnas seguidas por las mismas letras no difieren entre si de acuerdo al test LSD al 5%. El tratamiento testigo esta como referencias y no fue incluido en el análisis estadístico.

Es probable que la mayor eficacia de dividir la dosis de fertilizante en estos tratamientos radique en el hecho de que el cultivo, en los momentos de mayores requerimientos de nitrógeno contó con formas químicas de mayor disponibilidad en la solución del suelo que pudieron suplir las necesidades del cultivo mas rápido como consecuencia de disponer del 50% de la dosis desde la siembra. Es importante destacar que las lluvias ocurridas durante noviembre fueron solo 60 mm, y la primera lluvia que permitiera la incorporación del fertilizante en el suelo ocurrió 10 días después de la aplicación del fertilizante.

CONCLUSIONES

Los resultados de este ensayo ponen de manifiesto la importancia del estudio de la dinámica de la mineralización del nitrógeno en suelos con importante historial agrícola. Los resultados mostraron que la fertilización a la siembra para lograr la dosis objetivo tuvo resultados similares a aplicar el 50% de esa dosis y completar ese nivel en etapas posteriores.

Las condiciones climáticas durante la etapa siembra – V₆, caracterizada por altas temperaturas y bajas precipitaciones tuvo como consecuencia que la mineralización del nitrógeno del suelo fuera baja y que el nitrógeno aplicado en post emergencia al voleo estuviera susceptible a potenciales pérdidas por volatilización. La potencial ventaja de aplicar nitrógeno de acuerdo a la disponibilidad en el suelo en diferentes estadios no se puso de manifiesto bajo estas condiciones climáticas, pero debería continuar evaluándose, teniendo en cuenta condiciones que favorezcan una mayor dinámica del nitrógeno en el suelo.