



# Fertilización nitrogenada en maíz de segunda

Ing. Agr. Luciano Mieres Venturini; Ing. Agr. Miqueas Sandoval; Ing. Agr. Romina Ybran; Ing Agr. Gabriel Lacelli  
INTA EEA Reconquista

*En el período 2013-2019 se sembraron en promedio 134 mil ha/año del cultivo de maíz en el norte de Santa Fe (Departamento 9 de Julio, Vera, San Javier y General Obligado), con rendimiento medio de 4630 kg/ha. El cultivo se realiza con mayor frecuencia en siembras tardías y/o de segunda, en los meses diciembre y enero. Su importancia radica en que se utiliza para alimentación animal y para generar biocombustible, lo que potencia el agregado de valor regional. Así mismo, aporta gran cantidad de residuos de cosecha como cobertura y genera materia orgánica en los suelos.*

El maíz toma del suelo 20 kg de nitrógeno mineral (N) por cada tonelada de granos. Los suelos agrícolas de media-baja aptitud de la zona disponen desde 60 kg N/ha hasta 150 kg N/ha en los mejores casos, pudiendo variar según el cultivo antecesor, el tipo de suelo, el contenido de materia orgánica, la temperatura y el laboreo utilizado. Las deficiencias de nitrógeno son una gran limitante para el maíz en la zona norte de la provincia, especialmente si el cultivo antecesor es trigo. Otra variable limitante es la disponibilidad hídrica.

Ante esta limitante, se propuso realizar estudios para conocer los niveles de respuesta productiva a la ferti-

lización nitrogenada en la zona noreste de la provincia, y ajustar recomendaciones en base a la eficiencia de la práctica en relación a los recursos disponibles como nutrientes del suelo, agua y el capital invertido.

## Ensayos

Las experiencias se desarrollaron durante las campañas 2013-14, 2014-15, 2016-17, en diferentes localidades (Tabla 1) en condiciones de secano. Se realizaron fertilizaciones con nitrato de amonio calcáreo (NAC; 27-0-0) aplicadas luego de la emergencia del cultivo en dosis crecientes: 0, 60, 120, 180 y 240 kg N/ha. Este

fertilizante presenta muy bajo riesgo de pérdidas por volatilización. Por otra parte, para establecer una comparación con el fertilizante de mayor uso en el mercado, también se realizaron aplicaciones de UREA granulada (46-0-0) a la siembra en dosis equivalentes de nitrógeno:

60 y 120 kg N/ha. Asimismo, en todos los tratamientos los ensayos fueron fertilizados a la siembra con superfosfato triple y sulfato de calcio para eliminar posibles deficiencias de fósforo y azufre.

**Tabla 1:** Descripción de las experiencias realizadas en cada uno de los sitios, híbridos utilizados características del suelo y condiciones meteorológicas; durante las campañas 2013-14, 2014-15, 2016-17.

Campaña	2013-14	2014-15	2016-17
Suelo	Argiudol vertico	Argiudol acuértico	Argiudol acuértico
Sitio	La Vertiente	Las Amintas	Las Amintas
Híbrido	AX1018	DK 7910	DK 7210
Fecha siembra	22/12/2013	5/1/2015	24/1/2017
Lluvias Ene-Mayo	748 mm	997 mm	855 mm
N suelo 0-40 cm	75,6 kg/ha	65 kg/ha	69 kg/ha
Densidad plantas	57.000 pl/m <sup>2</sup>	55.000 pl/m <sup>2</sup>	53.000 pl/m <sup>2</sup>



**Figura 1:** Nutrición Nitrogenada adecuada Maíz de segunda con 120 kg N/ha (izquierda) y cultivo con síntomas de deficiencia nitrogenada en el testigo (derecha).

### Respuesta a fertilización nitrogenada

La aplicación de nitrógeno mediante nitrato de amonio calcáreo (NAC) luego de la emergencia del cultivo, incrementó de manera importante y de forma creciente el rendimiento de maíz en las tres campañas evaluadas (Tabla 2). El testigo sin fertilización presentó un rendi-

miento de 4198 kg/ha al considerar la media de los tres ensayos y al aplicar 60 kg N/ha de NAC el rendimiento aumentó 45% (2025 kg/ha).

El uso de 120 kg N/ha de NAC determinó un aumento del rendimiento de 71% respecto del testigo (2970 kg/ha) (Figura 1). Las dosis de 120, 180 y 240 kg de N/

ha de NAC, no generaron diferencias estadísticas en el rendimiento para cada una de las campañas. La dosis de 180 kg N/ha en las tres campañas evaluadas fue el punto de inflexión en el rendimiento alcanzado.

(NAC y Urea) incrementó los niveles proteicos en grano, desde un 7,7% en el testigo sin fertilizantes, a valores mayores a 8,6% al utilizarlos. Estos resultados muestran relevancia particularmente para maíz destinado a la producción de alimentos balanceados.

La aplicación de fertilizantes nitrogenados evaluados

**Tabla 2:** Rendimientos y proteína de maíz de segunda para distintas dosis de Nitrógeno aplicados en post emergencia con fertilizantes NAC y UREA; durante las campañas 2013-14, 2014-15, 2016-17.

Dosis de N/ha	Fertilizante	Rendimiento Kg/ha				Proteína Media %
		2013-14	2014-15	2016-17	Media	
0	NAC	5570 a	3020 a	3941 a	4198 a	7,7 a
60	NAC	6778 b	5006 b	7116 b	6225 b	8,7 b
120	NAC	6685 b	6821 c	8158 c	7168 c	9,6 c
180	NAC	6807 b	7934 c	9216 c	7669 c	9,7 c
240	NAC	6520 b	7614 c	8894 c	7873 c	9,8 c
60	UREA	6407 b	5406 b	7530 b	6447 b	8,6 b
120	UREA	6806 b	6346 c	9506 c	7522 c	9,3 c
<b>Media ensayo Kg/ha</b>		<b>6540</b>	<b>6075</b>	<b>7823</b>		

Para cada columna, letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Test LSD Fisher ( $\alpha=0,05$ ).



**Figura 2:** Diferencias visuales en cantidad y tamaño de espigas para las dosis crecientes de fertilizante Nitrogenado aplicado. De izquierda a derecha 0, 60, 120, 180 y 240 kg N/ha.

## Comparación entre fertilizantes nitrogenados evaluados

La utilización de UREA granulada aplicada en dosis de 60 kg N/ha incrementó 2249 kg/ha el rendimiento, y en 3324 kg/ha al aplicar 120 kg N/ha. Esto se diferenció estadísticamente, respecto a las dosis equivalentes al emplear NAC. Esto sugiere que ambos fertilizantes presentaron baja volatilización y similar respuesta para las dosis utilizadas, considerando las tres campañas evaluadas.

La aplicación de fertilizantes nitrogenados evaluados (NAC y Urea) incrementó los niveles proteicos en grano, desde un 7,7% en el testigo sin fertilizantes, a valores

mayores a 8,6% al utilizarlos. Estos resultados muestran relevancia particularmente para maíz destinado a la producción de alimentos balanceados.

## Eficiencia de uso del fertilizante y del agua

El empleo de fertilizantes nitrogenados permitió una eficiencia del uso de agua de lluvia mayor a 7,2 kg de maíz por cada milímetro, mientras que sin fertilización fue de 4,9 kg/mm (Tabla 3). Por otra parte, la mayor eficiencia de uso del fertilizante se dio con dosis de 60 kg N/ha, generando 47,8 kg de grano/kg de N aplicado. Estas eficiencias son importantes al considerar la relación entre el precio del insumo vs precio del producto generado.

**Tabla 3:** Eficiencia de uso de agua de lluvia y de nitrógeno estimada para distintas dosis de nitrato de amonio calcáreo (NAC) aplicado a la siembra.

Dosis de N/ha	Eficiencia uso agua kg grano/mm lluvia	Eficiencia uso N (suelo + fertilizante) Rendimiento Kg/ha	Eficiencia uso de N	
			Kg grano/kg N	% proteína /kg N
0	NAC	4,9 a	59,5 d	-
60	NAC	7,2 b	47,8 c	34,0 b
120	NAC	8,3 c	37,9 b	27,5 a
180	NAC	8,9 c	31,5 b	23,9 a
240	NAC	8,6 c	24,8 a	19,2 a
60	UREA	6407 b	5406 b	7530 b
120	UREA	6806 b	6346 c	9506 c

Para cada columna, letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Test LSD Fisher ( $\alpha=0,05$ ).

## ¿Qué y cuánto conviene aplicar?

Para el cálculo el equipo de Economía Agraria de la Experimental Reconquista del INTA utilizó el análisis de presupuestos parciales, herramienta que permite evaluar el costo vs los beneficios adicionales de la práctica para cada dosis y fuente considerados. Se utilizaron los datos medios de rendimiento de los ensayos para cada dosis de N considerada (0, 60 y 120 kg N/ha) e información de precios del mercado al 19-10-2020: UREA 39,2 \$/kg y NAC 37,84 \$/kg, cotización U\$S 77,52.

En maíz de segunda realizado luego de trigo, tanto UREA como NAC generaron beneficios económicos al aplicarlos a la siembra, los cuales fueron mayores al aplicar dosis de 120 kg N/ha (Tabla 4). UREA generó mayores beneficios que NAC, debido a que aumentó más el ingreso en proporción al incremento en costos (fertilizante, aplicación, cosecha, flete y comercialización), en gran parte debido a su menor costo por unidad de nitrógeno aplicado. Al fertilizar con 60 kg N/ha de UREA se obtuvo el mayor retorno a la inversión realizada y requirió el menor diferencial de rendimiento para pagar la inversión.

**Tabla 4:** Análisis de presupuestos parciales (precios del mercado al 19-10-2020), en la fertilización nitrogenada de maíz de segunda, ante variaciones en fuente (NAC y UREA) y dosis (60 y 120 kg N/ha).

Fuente de N	Dosis N		NAC	NAC	UREA	UREA
				120	60	120
Incremento de costo por fertilización	\$/ha		15183	26668	12615	21224
Incremento de ingreso por fertilización	\$/ha		28147	41283	31261	46203
Beneficio	\$/ha		12963	14615	18645	24979
Diferencial rendimiento necesario	Kg/ha		805	1595	495	975
Retorno por \$ invertido	\$/S		0,85	0,55	1,48	1,18



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El uso de 60 unidades de nitrógeno en maíz de segunda luego del cultivo de trigo resuelve la limitante nutricional nitrogenada que presentan suelos de media-baja aptitud en el noreste de Santa Fe, demostrando buena eficiencia en el uso del fertilizante.

Es propicio realizar fertilización nitrogenada ya que determina aumentos en la eficiencia del uso del agua disponible y la calidad de los granos producidos en la secuencia trigo-maíz.

El mayor beneficio económico se obtiene al utilizar 120 kg N/ha de UREA y el mayor retorno a la inversión al aplicar 60 kg N/ha de UREA. Si bien NAC logra beneficios económicos más bajos que UREA, es importante considerar la misma mejora del beneficio económico de forma importante, sin riesgo de pérdidas de nitrógeno por volatilización.