

INFORME TÉCNICO DE RESULTADOS

Fertilizantes nitrogenados con y sin incorporación en maíz de segunda

Ensayo Convenio Nutrien · América Agroinnova · Campaña 2025/26

1. Objetivo

Evaluar el efecto de tres fuentes nitrogenadas aplicadas al voleo o incorporadas al suelo sobre el rendimiento y sus componentes en un maíz de segunda implantado en América Agroinnova.

2. Materiales y métodos

2.1 Sitio y manejo

Para cumplir el objetivo, se realizó un ensayo en el campo experimental de América Agroinnova en América, Buenos Aires. El ensayo se sembró el 23 de diciembre de 2025 sobre trigo, en un lote con un suelo arenoso con más de 75% de arena en el horizonte superficial (0-20 cm). Se sembró el híbrido P2021 PWUE con una sembradora experimental de cuatro surcos separados 0,70 m. La fertilización se realizó el 5 de enero de 2026. Las parcelas tuvieron 2,8 m de ancho y 8 m de largo. El diseño experimental consistió en un diseño en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones.

2.2 Tratamientos

Tabla 1. Tratamientos evaluados. El tratamiento de coating consistió en un recubrimiento con un producto biológico sobre la urea azufrada. La aplicación incorporada se realizó con un surcador incorporando el fertilizante a aproximadamente 8 cm de profundidad. La aplicación al voleo se realizó de forma manual.

Código	Fuente y dosis de producto	Aplicación	N (kg ha ⁻¹)	S (kg ha ⁻¹)
T1	Testigo	—	0	0
T2	Urea, 100 kg ha ⁻¹	Voleada	46	0
T3	Urea, 100 kg ha ⁻¹	Incorporada	46	0
T4	Urea azufrada, 115 kg ha ⁻¹	Voleada	46	5,75
T5	Urea azufrada, 115 kg ha ⁻¹	Incorporada	46	5,75
T6	Urea azufrada coating, 115 kg ha ⁻¹	Voleada	46	5,75
T7	Urea azufrada coating, 115 kg ha ⁻¹	Incorporada	46	5,75

2.3 Cosecha y análisis estadístico

El experimento se cosechó luego de que el cultivo alcanzara la madurez fisiológica, cuando el cultivo presentaba en promedio a través de todos los tratamientos 26% de humedad relativa en grano.

Se ajustó un ANOVA de bloques completos aleatorizados, con tratamiento fijo y bloque como factor de control. Las medias se compararon con Tukey ($\alpha = 0,05$) y se informaron el error estándar del modelo y el coeficiente de variación. Los seis tratamientos fertilizados también se analizaron como un factorial fuente $\times$ método. Se evaluaron cuatro contrastes agronómicos con ajuste de Holm y los supuestos mediante Shapiro–Wilk y Levene.

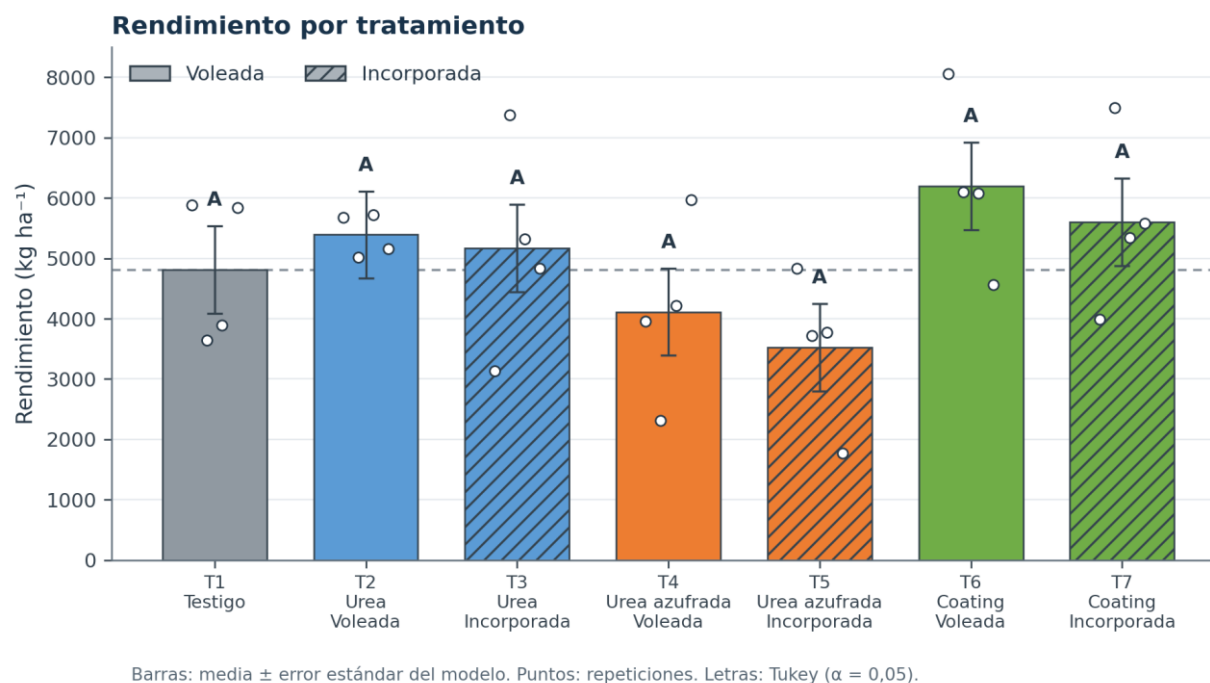
3. Resultados

3.1 Condiciones meteorológicas y rendimiento

Las precipitaciones posteriores a la madurez fisiológica del trigo y previas a la siembra del maíz de segunda totalizaron 45 mm, con una cama de siembra húmeda pero baja disponibilidad hídrica en el perfil del suelo, condición típica de un maíz de segunda. Las precipitaciones acumuladas durante el ciclo fueron relativamente elevadas y distribuidas de forma relativamente homogénea entre los diferentes meses en los que el cultivo transcurrió las etapas vegetativas y el período crítico, totalizando 71 mm en enero, 53 mm en febrero, 96 mm en marzo, mientras que el llenado de granos durante abril ocurrió con un acumulado de 251 mm. En total, entre la emergencia y la primera helada (madurez fisiológica del cultivo) las precipitaciones acumularon un total de 471 mm.

El rendimiento medio general fue de 4.972 kg ha⁻¹. Las medias variaron entre 3.523 kg ha⁻¹ en T5 y 6.195 kg ha⁻¹ en T6. A pesar de esta amplitud, la variabilidad residual fue alta (CV = 29,0%) y el efecto global de tratamiento no fue significativo (p = 0,208). Por lo tanto, no se pudieron detectar diferencias claras entre ninguno de los siete tratamientos.

Figura 1. Rendimiento de maíz de segunda por tratamiento de fertilización. Los tratamientos de coating indican la urea azufrada con un coating biológico.



T6 alcanzó la mayor respuesta numérica frente al testigo (+1.382 kg ha⁻¹; +28,7%), seguido por T7 (+788 kg ha⁻¹; +16,4%) y T2 (+578 kg ha⁻¹; +12,0%). Estas diferencias individuales no fueron significativas en la comparación múltiple.

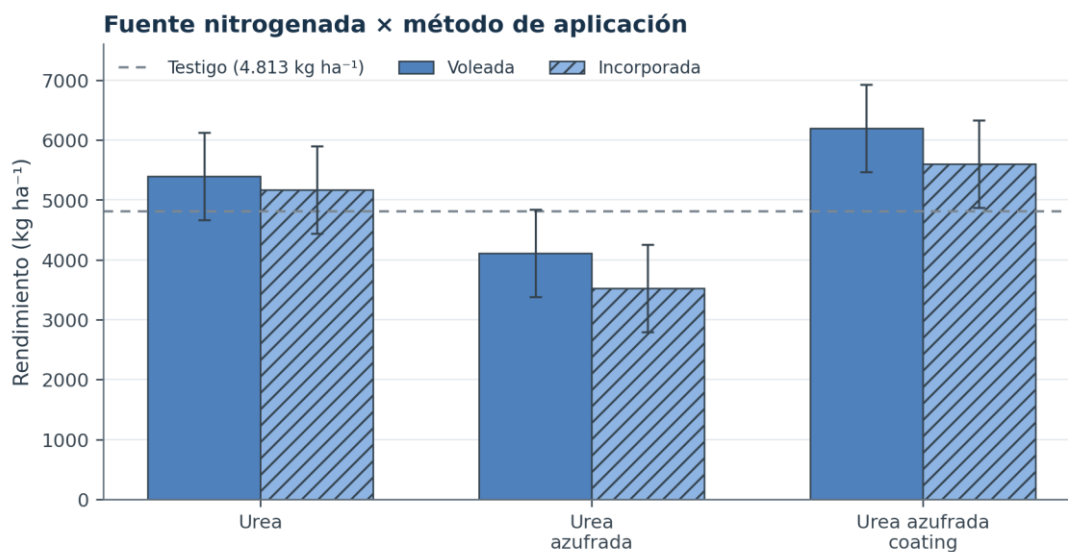
3.2 Fuente y método de aplicación

En el análisis factorial de los tratamientos fertilizados, la fuente afectó el rendimiento ($p = 0,034$), mientras que no se detectaron efectos del método de aplicación ($p = 0,443$) ni interacción fuente $\times$ método ($p = 0,959$). Las medias de fuente fueron 5.898 kg ha^{-1} para coating, 5.279 kg ha^{-1} para urea y 3.818 kg ha^{-1} para urea azufrada convencional, indicando un efecto positivo del tratamiento de coating sobre el rendimiento de maíz.

Tabla 2. Análisis factorial de los seis tratamientos fertilizados: valores p .

Efecto	Rendimiento	P1000	NG
Fuente	0,034	0,494	0,003
Método	0,443	0,212	0,091
Fuente $\times$ método	0,959	0,116	0,300

Figura 2. Rendimiento según fuente y método de aplicación. Los tratamientos de coating indican la urea azufrada con un coating biológico.



Se muestran los seis tratamientos fertilizados. Media $\pm$ error estándar del modelo factorial.

3.3 Síntesis de medias

Tabla 3. Rendimiento y componentes por tratamiento.

Trat.	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Diferencia vs. T1 (kg ha ⁻¹)	Diferencia vs. T1 (%)	P1000 (g)	NG (m ⁻²)
T1	4.813 A	—	—	270,6 A	1.788 AB
T2	5.391 A	+578	+12,0%	262,1 A	2.064 AB
T3	5.167 A	+354	+7,3%	264,5 A	1.948 AB
T4	4.112 A	-701	-14,6%	277,2 A	1.464 B
T5	3.523 A	-1.290	-26,8%	268,2 A	1.307 B
T6	6.195 A	+1.382	+28,7%	225,1 A	2.832 A
T7	5.601 A	+788	+16,4%	281,9 A	1.993 AB

Dentro de cada variable, medias acompañadas por una letra común no difieren según Tukey ($\alpha = 0,05$). Para rendimiento y P1000 todas las medias fueron A. En NG, T6 fue superior a T4 y T5; el resto resultó intermedio.

Tabla 4. ANOVA y diagnóstico de supuestos.

Variable	Tratamiento p	CV	Shapiro–Wilk p	Levene p
Rendimiento	0,208	29,0%	0,271	0,845
Peso de mil granos	0,274	12,0%	0,023	0,684
Número de granos	0,012	26,3%	0,851	0,838

Los residuos de rendimiento y NG no mostraron apartamientos de normalidad ni heterogeneidad detectables. En P1000, Shapiro–Wilk indicó no normalidad ($p = 0,023$), asociada al valor extremo de la parcela 27.

3.4 Contrastes agronómicos de rendimiento

Tabla 5. Contrastes agronómicos para rendimiento.

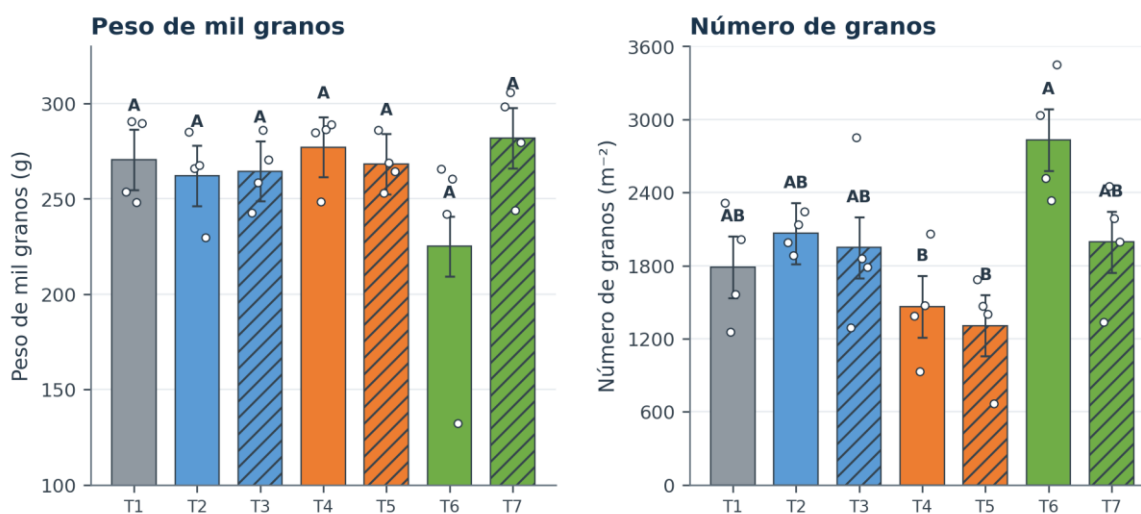
Contraste	Diferencia (kg ha ⁻¹)	IC 95% (kg ha ⁻¹)	p	p Holm
Promedio fertilizado – testigo	+185	-1.453 a 1.823	0,815	1,000
Incorporada – voleada	-469	-1.708 a 769	0,436	1,000
Fuentes azufradas – urea	-421	-1.735 a 892	0,509	1,000
Coating – urea azufrada convencional	+2.080	563 a 3.596	0,010	0,040

El promedio de todos los fertilizados fue prácticamente igual al testigo (+185 kg ha⁻¹; p = 0,815). Tampoco hubo una ventaja general de la incorporación. El único contraste que conservó significancia después del ajuste por cuatro comparaciones fue coating frente a urea azufrada convencional (+2.080 kg ha⁻¹; p Holm = 0,040).

3.5 Componentes del rendimiento

El peso de mil granos no difirió entre tratamientos (p = 0,274). El número de granos calculado mostró un efecto de tratamiento (p = 0,012), con T6 por encima de T4 y T5. Sin embargo, esta evidencia no fue robusta por la elevada variabilidad de los tratamientos.

Figura 3. Peso de mil granos y número de granos calculado.



Resultados calculados con los datos originales. El punto bajo de T6 corresponde a P200 = 32,9 g (parcela 27).

4. Discusión e interpretación agronómica

Los resultados no respaldan una respuesta general a la fertilización nitrogenada en este ambiente: el promedio fertilizado difirió solo 185 kg ha^{-1} del testigo y el intervalo de confianza fue amplio. La precisión experimental fue limitada por la variabilidad del rendimiento entre parcelas, aun cuando el efecto de bloque fue pequeño.

La ausencia de respuesta promedio no implica equivalencia entre las fuentes. En el subconjunto fertilizado, coating mostró una media consistentemente mayor que la urea azufrada convencional bajo ambos métodos de aplicación. La interacción fuente $\times$ método fue prácticamente nula, lo que sugiere que la diferencia entre fuentes no dependió de la incorporación en este ensayo.

No se observó beneficio de incorporar los fertilizantes al suelo. En promedio, la aplicación incorporada rindió 469 kg ha^{-1} menos que la aplicación voleada, con una diferencia no significativa. Este resultado es específico del ambiente y de las condiciones meteorológicas posteriores a la aplicación, lo que puede variar en futuros ensayos.

La comparación entre coating y urea azufrada convencional es estadísticamente sugerente, pero debe interpretarse con cautela: proviene de un único sitio y un análisis complementario. La validación requiere repetir el contraste en otros ambientes y campañas, idealmente incorporando datos adicionales de humedad de suelo y precipitaciones posteriores en cada campaña.

5. Conclusiones

- No se detectaron diferencias globales de rendimiento entre los siete tratamientos ($p = 0,208$).
- T6, urea azufrada coating voleada, presentó la mayor media: 6.195 kg ha^{-1} y $+1.382 \text{ kg ha}^{-1}$ respecto del testigo, aunque sin diferencia por la prueba de Tukey.
- La incorporación al suelo no mejoró el rendimiento ($p = 0,443$) ni interactuó con la fuente ($p = 0,959$).
- Entre los tratamientos fertilizados hubo efecto de fuente ($p = 0,034$); coating superó en promedio a la urea azufrada convencional en 2.080 kg ha^{-1} , con $p \text{ ajustado} = 0,040$.