



50 AÑOS
PENSANDO
EL FUTURO

XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ

ESTUDIO DE LA INTERACCIÓN ENTRE CULTIVAR, DENSIDAD Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA SEGÚN FECHA DE SIEMBRA EN MAÍZ

INTERACTION BETWEEN MAIZE CULTIVAR, PLANT DENSITY, AND NITROGEN
FERTILIZATION UNDER DIFFERENT SOWING DATES

G.N. Ferraris¹, E. Mancuso², J. Cuirolo² y M. Almeida³

INTA Estación Experimental Agropecuaria Pergamino¹, Syngenta Agro SA², Agronúcleo³
Av Frondizi km 4,5 B2700WAA Pergamino ferraris.gustavo@inta.gob.ar

ABSTRACT

The selection of sowing date, plant density, and nitrogen rate represents the three most common management variables in site-specific crop management. In turn, maize cultivars differ in their optimum levels for these factors. This study evaluated the combined effects of these variables on crop productivity. While the cultivars exhibited similar performance under early sowing, one cultivar consistently outperformed the others under late sowing. Grain yield responded positively to nitrogen fertilization, whereas the optimum plant density differed among cultivars.

Keywords: cropping systems, environment, fertilization, site-specific management.

Palabras clave: sistemas, siembra temprana, siembra tardía, ambiente, fertilización, manejo sitio-específico.

INTRODUCCIÓN

La interacción entre fecha de siembra, nitrógeno y densidad de plantas en maíz resulta determinante para optimizar el rendimiento y la eficiencia en el uso de los recursos (Adebayo *et al.*, 2020). En siembras tempranas, caracterizadas por mayor oferta térmica y fotoperiódica, se asume que el cultivo presenta un mayor potencial de rendimiento. Por lo tanto, si no hay limitaciones hídricas habilita el uso de altas densidades y una mayor respuesta al nitrógeno. En este escenario, densidades de 90.000 plantas ha⁻¹ y estrategias agresivas de fertilización nitrogenada suelen maximizar el rendimiento (Di Mauro *et al.*, 2025). Sin embargo, la fecha de siembra temprana es la más sensible a cambios en la oferta de recursos. El nivel más bajo de nitrógeno (N) en suelo y el balance hídrico ajustado generan una singular sensibilidad del cultivo al manejo.

En cambio, en siembras tardías, el ciclo acotado y la selección de ambientes desfavorables se supone limitan tanto la respuesta al nitrógeno como la posibilidad de utilizar altas densidades. En estos casos, densidades intermedias (50.000-70.000 plantas ha⁻¹) y esquemas de fertilización más conservadores resultan más eficientes (Ordoñez *et al.*, 2025). Pero, la prolongación del barbecho determina mayor abundancia de agua inicial, N inicial y la menor demanda ambiental durante el período crítico estabilizan los rendimientos, permitiendo rangos más amplios donde los cultivos se encuentran en el óptimo.

La campaña 2025/26 presentó dudas en cuanto a la elección de la fecha de siembra. El pronóstico de un proceso La Niña inclinaba la decisión hacia la siembra tardía. Sin embargo,





50 AÑOS
PENSANDO
EL FUTURO

XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ

las copiosas lluvias de invierno y comienzos de primavera recompusieron las reservas, alentando a la implantación inmediata en búsqueda de potencial y consumir el agua.

El objetivo de este trabajo de investigación evaluar el rendimiento de diferentes materiales comerciales frente a cambios en la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada, en dos fechas de siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se implantó un experimento de campo en la EEA INTA Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino, Argiudol típico, (USDA- Soil Taxonomy V. 2006), capacidad de uso: I-2. El experimento se sembró el día 24 de Septiembre en fecha temprana, y el 22 de noviembre en tardío. Fue espaciado a 0,7 m entre hileras. Se fertilizó con 100 kg⁻¹ MAP a la siembra y 100 kg ha⁻¹ de sulfato de calcio en cobertura total, también durante la siembra, para que estos elementos no limitaran la expresión de los factores bajo estudio. El diseño de los ensayos correspondió a bloques completos al azar con 2 repeticiones, con arreglo factorial completo de los tratamientos. Se estudió la interacción entre los factores genotipo, densidad y fertilización nitrogenada, en dos fechas de siembra. En la fecha de siembra temprana uno de los cultivares, NK 855 Vip3 se implantó en dos espaciamientos, 0,70 y 0,35 m entre hileras. Los niveles de estos factores se presentan en la Tabla 1. El objetivo de N se logró mediante la aplicación de urea granulada en post-emergencia temprana.

Tabla 1: Genética, nutrición y densidad en los experimentos de fecha de siembra temprana y tardía. Campaña 2025/26.

Factor 1: Genotipo	Factor 2: Densidad	Factor 3: (N suelo + fertilizante)
Syngenta NK 855 Vip3 (0,35 m) (temprano) Syngenta NK 855 Vip3 (0,7 m) Syngenta NK 835 Vip3 Syngenta NK 825 Vip3 CL	50000 pl ha ⁻¹ 70000 pl ha ⁻¹ 90000 pl ha ⁻¹	140 kgN ha ⁻¹ 180 kgN ha ⁻¹ 240 kgN ha ⁻¹

Tabla 2: Datos de suelo al momento de la siembra.

Prof	Materia Orgánica	N total	Fósforo extractable	pH	N-Nitratos suelo 0-60 (septiembre)	N-Nitratos suelo 0-60 (diciembre)	Agua en suelo
	%	%	mg kg ⁻¹	agua 1:2,5	kg ha ⁻¹	mg kg ⁻¹	Sep y Dic
Pergam	3,18	0,159	14,2	5,7	61,4	74,5	182 y 195 mm
0-20 cm	medio	medio	bajo	Lig ácido	medio	alto	alto
Prof	Potasio	Calcio	Magnesio	Zinc	Boro	Mn	Hierro
	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
Pergam	331	1221	141	0,82	0,41	51,4	63,7
0-20 cm	alto	muy alto	alto	bajo	bajo	muy alto	muy alto



50 AÑOS
PENSANDO
EL FUTURO

XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ

La cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza, comparaciones de medias y análisis de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presentan las precipitaciones del sitio experimental durante el ciclo de cultivo. A la siembra del experimento, el almacenaje inicial fue muy abundante, producto de un invierno y primavera con lluvias frecuentes y copiosas. El verano fue menos favorable, ya que las precipitaciones se discontinuaron desde el 20 de diciembre (Figura 1). El rendimiento se construyó con las reservas y precipitaciones de la primavera, aunque la campaña no presentó la dinámica típica de un episodio La Niña, como 2022 o 2024 (Figura 1). El verano fue menos favorable, ya que las precipitaciones se discontinuaron desde el 20 de diciembre hasta el 4 de febrero. No obstante, las temperaturas se mantuvieron en un rango medio, a excepción de finales de enero e inicios de febrero, ya fuera del período crítico para la determinación del rendimiento.

En cuanto al maíz de siembra tardía, el cultivo atravesó este período en la fase vegetativa, con tamaño pequeño y bajo consumo. El retorno de las lluvias en febrero determinó un buen tránsito por el período crítico, y especialmente durante el llenado de los granos.

Los rendimientos alcanzaron un promedio de 10299 kg ha⁻¹ en siembras temprana, y 12977 kg ha⁻¹ en tardío. Los rendimientos muestran nuevamente un efecto de La Niña, con precipitaciones que se ajustaron en diciembre y discontinuaron definitivamente en enero. La oferta de N fue superior en la siembra tardía, pero sólo de 13,1 kg N ha⁻¹. Se llegó a la disponibilidad objetivo con una dosis de fertilizante ligeramente inferior en la segunda época (Tabla 2).

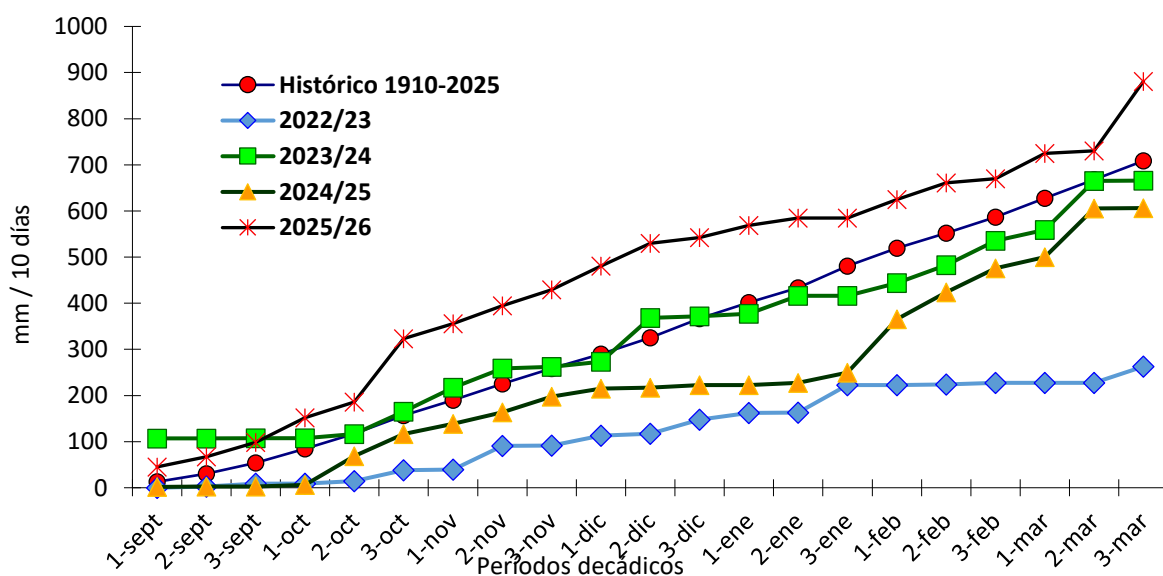


Figura 1: Precipitaciones decádicas del ciclo 2025/26, y su comparación con las tres campañas previas y la media histórica. Maíz, localidad de Pergamino. Precipitaciones totales septiembre-enero 585 mm y septiembre marzo 881 mm.



50 AÑOS
PENSANDO
EL FUTURO

XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ

Siembra temprana.

En la Tabla 3 se describe el ANOVA para rendimiento de la interacción triple, genética x densidad x nitrógeno. En la Tabla 4 se presentan las comparaciones de medias para la siembra temprana, de los factores individuales. Sólo N demostró efecto significativo sobre los rendimientos (Tabla 4). NK 855 Vip3 sembrado a 0,35 cm se consideró como un cultivar individual y no presentó diferencias con el mismo a 0,70 m entre hileras. En la Figura 2, se ilustra la combinación por cultivar de N y densidad, para la fecha temprana, como una forma de visualizar el comportamiento de estas variables en forma combinada.

Tabla 3: ANOVA para rendimiento, analizando los efectos de híbrido, densidad, dosis de N (kg ha^{-1}) y sus interacciones, en un arreglo factorial completo. **Fecha de siembra temprana.** Pergamino, campaña 2025/26.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	72	0,70	0,40	13,75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	176307673,76	36	4897435,38	2,31	0,0073
Bloque	2673178,46	1	2673178,46	1,26	0,2688
Cultivar	9626042,05	3	3208680,68	1,52	0,2275
Densidad	3623274,21	2	1811637,10	0,86	0,4336
Nitrógeno	98476804,36	2	49238402,18	23,26	<0,0001
Cultivar*Densidad	23834318,15	6	3972386,36	1,88	0,1127
Cultivar*Nitrógeno	12384485,17	6	2064080,86	0,98	0,4565
Densidad*Nitrógeno	1754688,22	4	438672,05	0,21	0,9327
Cultivar*Densidad*Nitrógen..	23934883,14	12	1994573,60	0,94	0,5183
Error	74085087,99	35	2116716,80		
Total	250392761,75	71			

Tabla 4: Comparación de medias (LSD $\alpha=0,05$) para los efectos simples de Híbrido, Densidad y Nitrógeno. **Fecha de siembra temprana.** Pergamino, campaña 2025/26.

Cultivar	Medias	n	E.E.
NK 825 CL	11201	18	342,92
NK 835	10490	18	342,92
NK 855 70	10398	18	342,92
NK 855 35	10251	18	342,92

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Densidad	Medias	n	E.E.
70000	10831	24	296,98
50000	10634	24	296,98
90000	10289	24	296,98

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)



50 AÑOS
PENSANDO
EL FUTURO

XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ

Nitrógeno

	Medias	n	E.E.
240	11972	24	296,98
180	10672	24	296,98
140	9111	24	296,98

A

B

C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

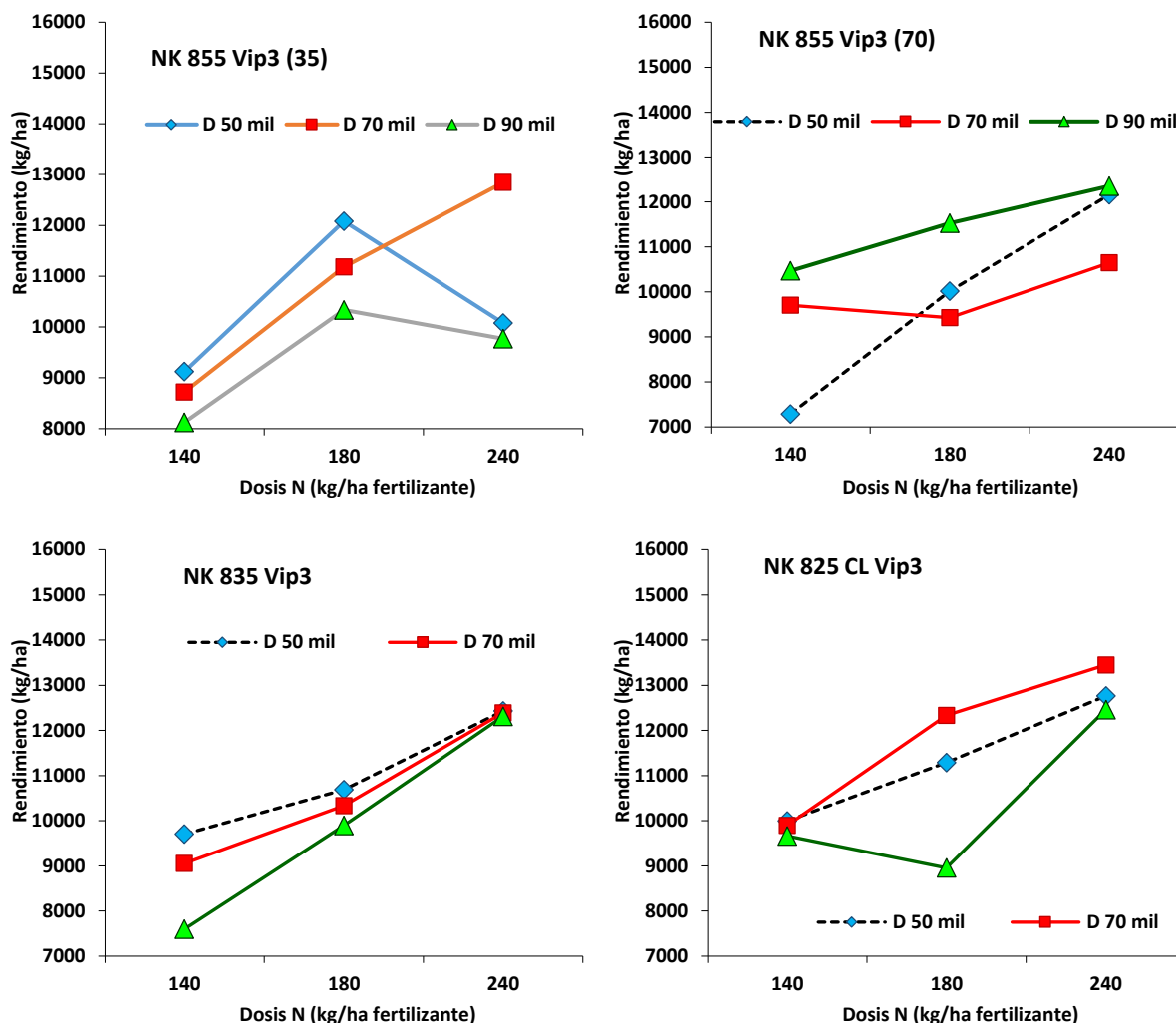


Figura 2: Producción media (kg ha^{-1}) según genotipo, tratamientos de densidad y fertilización nitrogenada en maíz. INTA Pergamino, *maíz de siembra temprana*, ciclo 2025/26.

Siembra tardía.

En la Tabla 5 se describe el ANOVA para rendimiento de la interacción triple, genética x densidad x nitrógeno. En la Tabla 6 se presentan las comparaciones de medias para la siembra temprana, de los factores individuales. Por su parte, en la Figura 3 se presentan las combinaciones de densidad y oferta de N para la siembra tardía. En la fecha tardía, se presentó efecto de cultivar, con NK 835 Vip3 prevaleciendo sobre el resto (Tabla 6). La densidad de $70.000 \text{ pl ha}^{-1}$ incrementó los rendimientos respecto de $50.000 \text{ pl ha}^{-1}$, y esta sobre $90.000 \text{ pl ha}^{-1}$ (Tabla 6). La oferta de N 240 superó a la de N 140 kg ha^{-1} , como oferta total (Tabla 6). Entre



50 AÑOS
PENSANDO
EL FUTURO

XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ

las interacciones, sólo fue significativa cultivar x densidad (Tabla 5). Esta interacción positiva es frecuente, tal como mencionan Tian *et al.*, (2022).

Tabla 5: ANOVA para rendimiento, analizando los efectos de híbrido, densidad, dosis de N (kg ha^{-1}) y sus interacciones, en un arreglo factorial completo. **Fecha de siembra tardía.** Pergamino, campaña 2025/26.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	54	0,78	0,56	10,44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	172678606,24	27	6395503,93	3,48	0,0011
Bloque	514,70	1	514,70	2,8E-04	0,9868
Cultivar	26212904,37	2	13106452,18	7,14	0,0034
Densidad	64790637,80	2	32395318,90	17,64	<0,0001
Nitrógeno	27924235,16	2	13962117,58	7,60	0,0025
Cultivar*Densidad	32613729,15	4	8153432,29	4,44	0,0072
Cultivar*Nitrógeno	3987083,73	4	996770,93	0,54	0,7056
Densidad*Nitrógeno	8394280,54	4	2098570,14	1,14	0,3584
Cultivar*Densidad*Nitrógen..	8755220,80	8	1094402,60	0,60	0,7722
Error	47735235,32	26	1835970,59		
Total	220413841,56	53			

Tabla 6: Comparación de medias (LSD $\alpha=0,05$) para los efectos simples de Híbrido, Densidad y Nitrógeno. **Fecha de siembra tardía.** Pergamino, campaña 2025/26.

Cultivar	Medias	n	E.E.	
NK 835	13947	18	319,37	A
NK 825 CL	12641	18	319,37	B
NK 855	12343	18	319,37	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Densidad	Medias	n	E.E.	
70000	14335	18	319,37	A
50000	12942	18	319,37	B
90000	11653	18	319,37	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Nitrógeno	Medias	n	E.E.	
240	13845	18	319,37	A
180	13001	18	319,37	A
140	12084	18	319,37	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

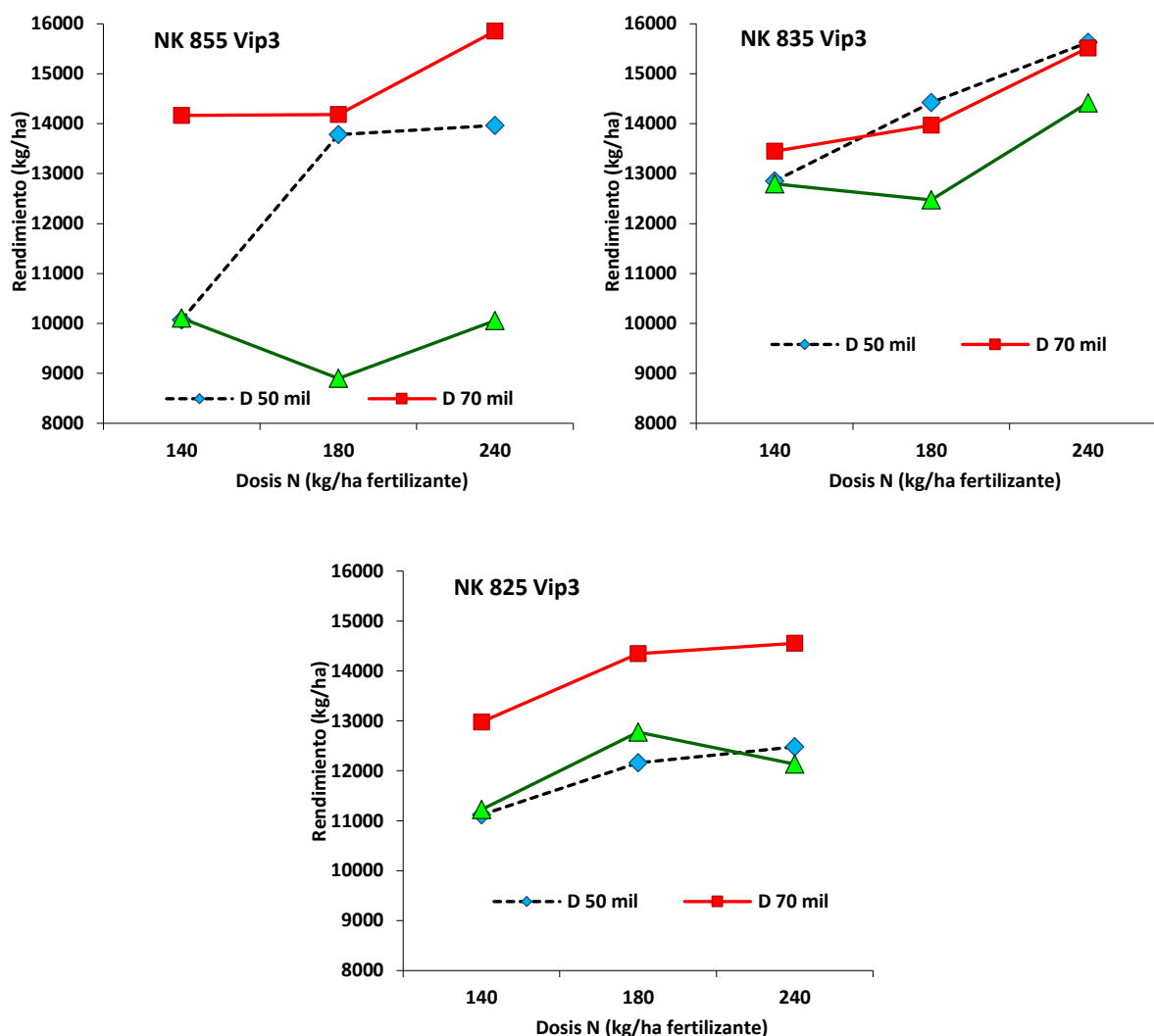


Figura 3: Producción media (kg ha^{-1}) según genotipo, tratamientos de densidad y fertilización nitrogenada en maíz. INTA Pergamino, *maíz de siembra tardía*, ciclo 2025/26.

CONCLUSIONES

Experimentos como el presente son claves para sentar las bases del manejo sitio-específico. Resulta relevante ya no el promedio, sino el manejo óptimo para cada cultivar, en cuanto a fecha de siembra y densidad. La fertilización potencia el efecto de la genética. Resulta agronómicamente relevante jerarquizar los factores claves, especificar interacciones, ajustar regionalmente la respuesta de los diferentes materiales a los factores del ambiente, determinar los niveles óptimos y proponer manejos ajustados a cada condición de cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

Adebayo, A. R., & Sebetha, E. T. 2020. Data on influence of different nitrogen fertilizer rates and plant density on grain yield and yield components of Water Efficient Maize (WEMA) variety. Data in brief, 30, 105582.



50 AÑOS
PENSANDO
EL FUTURO

XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ

Di Mauro, G., Rotili, D. H., Parra, G., Gambin, B. L., Costanzi, J., Micheloud, J., ... & Schwalbert, R. (2025). Revisiting plant density by environment interaction in maize across contrasting sowing dates. *Field Crops Research*, 328, 109917.

Dionisio, M. R., Marianela, P., Cecilia, C., Nicolas, S., & Andres, B. P. (2025). Maize Management Practices and its Relationship with Nitrogen Indexes and Yield. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 1-16.

Ordóñez, R. A., Olmedo-Pico, L., Ferela, A., Trifunovic, S., Eudy, D., Archontoulis, S., & Vyn, T. J. (2025). Modern maize hybrids have increased grain yield and efficiency tolerances to nitrogen-limited conditions. *European Journal of Agronomy*, 168, 127621.

Tian, P., Liu, J., Zhao, Y., Huang, Y., Lian, Y., Wang, Y., & Ye, Y. (2022). Nitrogen rates and plant density interactions enhance radiation interception, yield, and nitrogen use efficiencies of maize. *Frontiers in Plant Science*, 13, 974714.

