

CAMBIOS EN LA CAPTURA DE LUZ Y DE AGUA EN EL SEMIÁRIDO CENTRAL POR EFECTOS DEL HÍBRIDO Y LA DENSIDAD EN LA CAMPAÑA 2025-2026.

Riglos, M.M.^{1*}; Mercau, J.L.²

¹ INTA, Estación Experimental Agropecuaria San Luis, Ruta Nacional 7 km 709, Villa Mercedes, San Luis, Argentina. ² INTA, Agencia de Extensión Rural San Luis, San Luis, Argentina.

[*riglos.maximiliano@inta.gob.ar](mailto:riglos.maximiliano@inta.gob.ar)

CHANGES IN LIGHT AND WATER CAPTURE IN THE CENTRAL SEMI-ARID REGION DUE TO HYBRID AND DENSITY EFFECTS IN THE 2025-2026 GROWING SEASON.

Abstract

Information on maize hybrid performance under contrasting stand densities is scarce for the Central Semiarid Region of Argentina. A field experiment was carried out during the 2025-26 season at the San Luis Experimental Station of INTA (Villa Mercedes, 33°39' S, 65°25' W), on a sandy loam Typic Ustipsamment, under rainfed conditions and without fertilization. Eight commercial hybrids were sown on 17 December 2025 at two stand densities (8,5 and 5,0 pl m⁻²). Treatments were not replicated, so results are descriptive. Grain yield, biomass, harvest index, kernel number, kernel weight, intercepted radiation and soil water content (0-2 m) were recorded. Seasonal rainfall totaled 593,3 mm, with a favorable critical period (207,3 mm in February and March). Mean grain yield was 7408 kg ha⁻¹ at high density and 5825 kg ha⁻¹ at low density, a difference of 27,2 %. The response was driven by kernel number, which rose 63,2 % on average and offset a 19,2 % decrease in kernel weight. High density sustained greater radiation interception during grain filling. Yields exceeded the provincial ten year mean of official statistics.

Palabras clave: Zea mays; densidad de siembra; número de granos; radiación interceptada; región semiárida.

Keywords: Zea mays; plant density; kernel number; intercepted radiation; semiarid region.

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo de relevancia estratégica para la provincia de San Luis, tanto por su aporte económico directo como por su rol en la productividad y sustentabilidad de la agricultura del semiárido central. Además, el elevado costo del flete por la distancia a los puertos exportadores genera precios locales que son una oportunidad de integración en sistemas de producción de carne bovina, porcina y aviar, y la instalación de plantas de alimentos balanceados y bioetanol. La elevada producción de biomasa y rastrojo protege a suelos frágiles de la erosión y aumenta la disponibilidad de agua para la transpiración de los cultivos. Además, el cultivo reduce el riesgo climático de la agricultura al diversificar las secuencias y posibilitar cierta variación en fechas de siembra.

La densidad de siembra es una variable de manejo que modifica la captura de recursos del cultivo. Cambia la intercepción de radiación fotosintéticamente activa del canopeo y, especialmente, la tasa de crecimiento por planta, afectando la determinación del número de granos y el rendimiento, con fuerte interacción con el

híbrido (Andrade et al., 1999, Maddonni y Otegui, 2004). La variación de densidad, en rangos extremos, también puede modificar la captura de agua por transpiración (Jiang et al., 2014) y, en ocasiones, puede cambiar la probabilidad de sequías, un aspecto decisivo en ambientes semiáridos.

En la Región Semiárida Central de Argentina es aún escasa la información sobre el comportamiento de híbridos comerciales de maíz bajo densidades contrastantes. Este trabajo es el comienzo de una línea que busca apoyar esa decisión de manejo en una región con amplia variabilidad interanual de rendimientos (media provincial 5175 ± 1176 kg ha⁻¹ en las últimas diez campañas, y un máximo de 7102 kg ha⁻¹, SAGyP 2026), poniendo esa variabilidad en contexto agroclimático y las bases ecofisiológicas de los procesos que se intentan manejar. Puntualmente el objetivo de este trabajo fue describir el desempeño de ocho híbridos de maíz bajo dos densidades de siembra en una única campaña y ambiente, y ubicar los valores obtenidos dentro de la serie histórica provincial de rendimientos.

Materiales y Métodos

Caracterización del área de estudio

El ensayo se ubicó en la Región Semiárida Central Argentina, en el sector centro-este de la provincia de San Luis. El régimen pluviométrico de Villa Mercedes es típicamente monzónico, con aproximadamente el 78 % de las lluvias concentradas en primavera y verano; más de la mitad de los años de la serie desde 1900 hasta 1985 registraron precipitaciones anuales de entre 500 y 700 mm, con elevada variabilidad interanual (Bertón y Corral, 1989). Los suelos dominantes del área son de textura gruesa, desarrollados sobre sedimentos eólicos, con baja capacidad de retención de agua, escasa materia orgánica y susceptibilidad a la erosión eólica (Peña Zubiarte et al., 1998). Esta combinación de oferta hídrica limitada y baja capacidad de almacenaje del perfil define un ambiente en el que el rendimiento del maíz en secano depende fuertemente de la distribución de las lluvias durante el período crítico.

Sitio y suelo

El ensayo se realizó en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) INTA San Luis (33° 39' S, 65° 25' O), en Villa Mercedes (departamento Pedernera, San Luis). El suelo corresponde a la serie Cramer (Ustipsament típico, textura areno-franca), en un sector plano y homogéneo del paisaje. El análisis previo a la siembra (15/12/2025) registró pH neutro (6,8), materia orgánica de 0,8 %, fósforo disponible de 12 ppm y conductividad eléctrica no limitante (0,3 dS m⁻¹). El experimento se condujo en secano y no se fertilizó. El lote presentaba cinco años de antecesor alfalfa, condición que confiere particularidades de fertilidad y estructura de suelo no necesariamente representativas del promedio productivo zonal.

Diseño experimental y tratamientos

Se evaluaron dos densidades de siembra: alta (8,5 pl m⁻²) y media (5,0 pl m⁻²) en ocho híbridos de cuatro empresas semilleras, identificados en este trabajo como Híbrido 1 a Híbrido 8. La siembra fue el 17 de diciembre de 2025, una semana más tarde de lo que en la región se considera una fecha segura por riesgo de heladas. Los tratamientos se establecieron en franjas, donde el híbrido era la parcela principal y la densidad la

subparcela, y no tuvieron repeticiones. Para comparar descriptivamente los resultados se usó la interacción entre tratamientos, y el error experimental incluido en ella, como variabilidad (para algunas variables de respuesta la misma alberga un efecto híbrido dependiente, que el diseño no puede probar, y simplemente se presentan los resultados de la parcela).

Variables medidas

Se determinó rendimiento en grano, biomasa aérea total, índice de cosecha (IC), número de granos por metro cuadrado (NG), peso de grano (PG), intercepción de RFA y humedad gravimétrica del perfil (0 a 2 m). La radiación incidente corresponde a la serie diaria NASA POWER para la celda que contiene al sitio experimental y el resto de los datos meteorológicos se tomaron de la estación Villa Reynolds del SMN, a 7 km del ensayo. La evapotranspiración de referencia (ET_o) se calculó por el método de Penman-Monteith FAO-56 a partir de esa serie (Allen et al., 1998). La precipitación se midió in situ con pluviómetros ubicados en el lote.

Resultados

Condiciones meteorológicas y fenología

Desde octubre hasta abril la campaña acumuló 601 mm, cercano al promedio desde 1971 en Villa Reynolds, pero la distribución fue muy distinta (Figura 1). Hasta la siembra las lluvias estuvieron cercanas al promedio, pero luego, y hasta comienzos de febrero, fueron extremadamente bajas. Sin embargo, desde esa fecha, unos 15 a 20 días antes de floración, las lluvias fueron importantes y muy bien distribuidas. Entre 15 y 45 días post floración las lluvias totalizaron 330 mm (históricamente 198 ± 82 mm). Como la ET_o en esa etapa fue de 240 mm (histórica 270 ± 25 mm), en el ensayo no hubo déficit hídrico durante este período reproductivo crítico, donde se fijan los granos y transcurre la primera parte de su llenado efectivo. Mientras que en la campaña hubo 94 mm de excedente, históricamente en promedio hay un déficit relativamente bajo y muy variable (72 ± 95 mm).

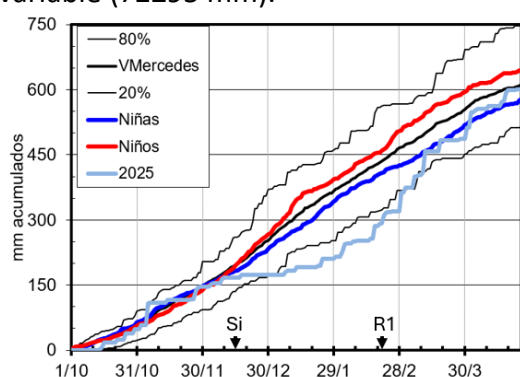


Figura 1. Precipitación diaria acumulada en la campaña en comparación a los registros históricos (desde 1971) del SMN en Villa Reynolds. De la serie histórica se agregan el promedio, percentil 20 y 80, y los valores medios de los años clasificados como niños y niñas por CPC NOAA.

En esa ventana crítica ampliada se registraron también condiciones fototérmicas muy favorables, acordes con lo esperable en promedio para una siembra tardía. La temperatura media fue cercana al promedio ($21,5^{\circ}\text{C}$, $20,7 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ en la historia) y se registraron apenas 2 días con temperaturas máximas superiores a 35°C (5 ± 4 días). La radiación incidente fue normal para la época ($20,2$ vs $20,9 \pm 1$ $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$). En cambio, aunque la primera helada de esta campaña fue intensa, -5°C , ocurrió en una fecha

tardía, el 27 de abril, mientras que en un 20% de los años se registra menos de 0°C, 17 días antes de esa fecha. Eso permitió que los híbridos estuviesen muy próximos a madurez fisiológica no obstante la siembra muy tardía.

Rendimiento y componentes por híbrido y densidad

Los rendimientos y sus componentes se presentan en el Cuadro 1 y en la Figura 2. Los Híbridos 5 y 6 encabezaron el ensayo, superando los 9000 kg ha⁻¹ en alta densidad. En el Híbrido 6 ese resultado se asoció a un elevado número de granos (4208 granos m⁻²), mientras que en el Híbrido 5 se vinculó a un alto peso de grano (245 mg). Los Híbridos 7 (8181 kg ha⁻¹) y 2 (7863 kg ha⁻¹) conformaron un segundo grupo de alto desempeño.

Cuadro 1. Rendimiento en grano y componentes numéricos según híbrido y densidad de siembra. IC: índice de cosecha; NG: número de granos por m⁻²; PG: peso de grano. Densidad alta: 8,5 pl m⁻²; densidad media: 5,0 pl m⁻²; MR: madurez relativa; Exp: híbrido experimental.

Híbrido	Densidad	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Biomasa (kg ha ⁻¹)	IC	NG (granos m ⁻²)	PG (mg)
Híbrido 1 (MR 124)	Alta	5313	12856	0,41	3916	140
	Media	4288	9875	0,44	2453	175
Híbrido 2 (MR 123)	Alta	7863	16256	0,49	3780	209
	Media	4563	10688	0,43	2200	205
Híbrido 3 (Exp)	Alta	6481	16065	0,41	3970	168
	Media	5188	12313	0,41	2339	220
Híbrido 4 (Exp)	Alta	6354	17255	0,36	3325	195
	Media	5513	12713	0,39	2250	218
Híbrido 5 (MR 122)	Alta	9053	17106	0,52	3647	245
	Media	6675	14100	0,47	2431	276
Híbrido 6 (MR 123)	Alta	9031	17191	0,53	4208	218
	Media	6725	12588	0,54	1985	341
Híbrido 7 (MR 121)	Alta	8181	15959	0,51	4552	181
	Media	7313	13963	0,52	2940	247
Híbrido 8 (MR 123)	Alta	6991	14556	0,45	3436	194
	Media	6338	13013	0,48	2455	268



50 AÑOS
PENSANDO
EL FUTURO

XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ

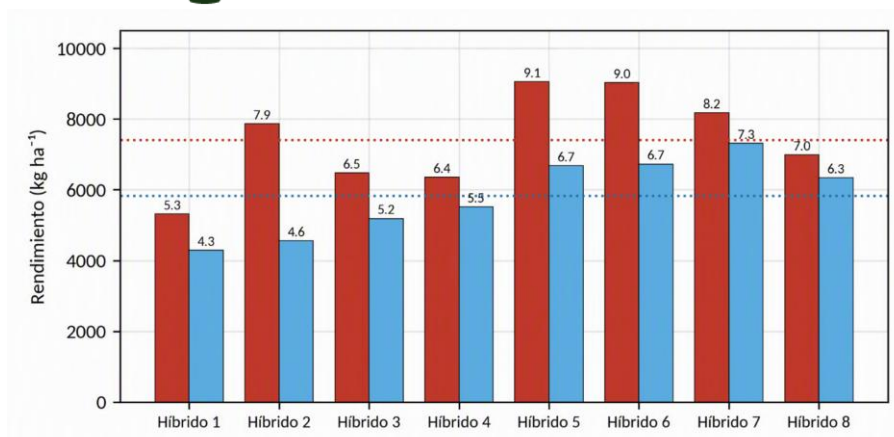


Figura 2. Rendimiento en grano (kg ha^{-1}) por híbrido y densidad de siembra. Las líneas punteadas indican la media de cada densidad; los valores sobre las barras están expresados en kg ha^{-1} . Las barras anaranjadas y celestes indican 8,5 y 5 pl m^{-2} , respectivamente.

Efecto de la densidad de siembra

El rendimiento fue mayor en alta densidad en los ocho híbridos (Cuadro 2). El cambio medio por híbrido fue de +28,6 %, acompañado por un aumento del NG (+63,2 % en promedio) y una caída del PG (−19,2 %). El Híbrido 2 presentó el mayor cambio relativo (+72,3 %), con más granos y sin penalización de peso (PG +1,8 %). El rendimiento medio en alta densidad (7408 kg ha^{-1}) superó al de media densidad (5825 kg ha^{-1}) en 1583 kg ha^{-1} (+27,2 %).

Cuadro 2. Variación porcentual del rendimiento y de sus componentes al pasar de media a alta densidad (Δ = cambio relativo por híbrido). NG: número de granos por m^{-2} ; PG: peso de grano.

Híbrido	Δ Rendimiento (%)	Δ NG (%)	Δ PG (%)
Híbrido 1 (MR 124)	+23,9	+59,7	−19,8
Híbrido 2 (MR 123)	+72,3	+71,8	+1,8
Híbrido 3 (Exp)	+24,9	+69,7	−23,3
Híbrido 4 (Exp)	+15,3	+47,8	−10,7
Híbrido 5 (MR 122)	+35,6	+50,0	−11,2
Híbrido 6 (MR 123)	+34,3	+112,0	−36,1
Híbrido 7 (MR 121)	+11,9	+54,8	−26,7
Híbrido 8 (MR 123)	+10,3	+40,0	−27,7
Promedio	+28,6	+63,2	−19,2

Intercepción de radiación y dinámica hídrica del perfil

A los 21 DDS (07/01) la intercepción de RFA fue baja en ambas densidades. El cierre del entresurco se aceleró en alta densidad, que a los 42 DDS registró mayor captura que la media densidad (43 % frente a 32 %). En floración (R1, 65 DDS, 20/02) los híbridos bajo alta densidad alcanzaron ca. 80 % de intercepción al medio día, mientras que en media ca. 70 %. Durante el llenado, todas las parcelas mantuvieron las diferencias de intercepción, con alta densidad en 85-88% y con media 75-80 % (Figura 3).



50 AÑOS
PENSANDO
EL FUTURO

XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ

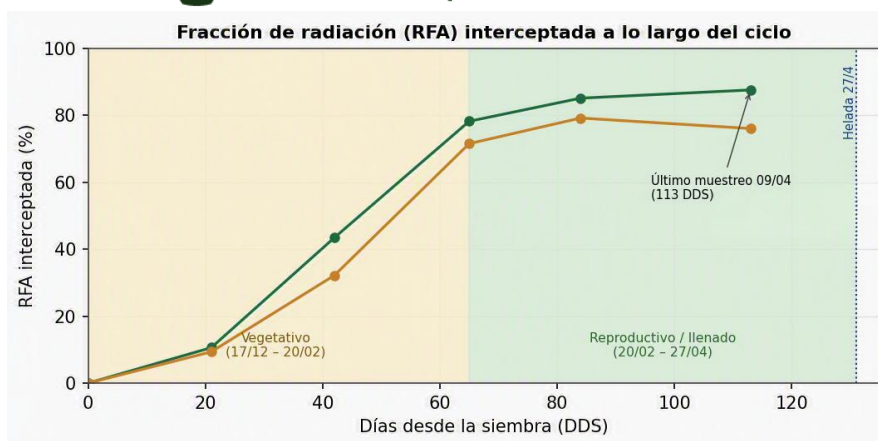


Figura 3. Fracción de RFA interceptada a lo largo del ciclo en alta y media densidad (promedio de ocho híbridos). El último muestreo corresponde al 09/04 (113 DDS).

La evolución de la humedad volumétrica del perfil, que partió completamente cargado, mostró inicialmente un descenso paulatino en el primer metro en los muestreos del 15/1 y el 29/1, sin diferencias entre las densidades. Debajo de los 40 cm a fin de enero el perfil superaba el 50% de agua útil, y bajo el metro superaba crecientemente el valor de capacidad de campo, coincidente con la presencia de la freática un poco por debajo de los 2 metros muestreados. La medición indica que hasta esa fecha los cultivos estuvieron bien provistos de agua, no obstante las escasas precipitaciones. Luego, comenzado el período con un balance hídrico aparente favorable, se registró una recarga del perfil, que llegó nuevamente a capacidad de campo hacia mediados de mayo, sin diferencias relevantes entre las densidades evaluadas (Figura 4).

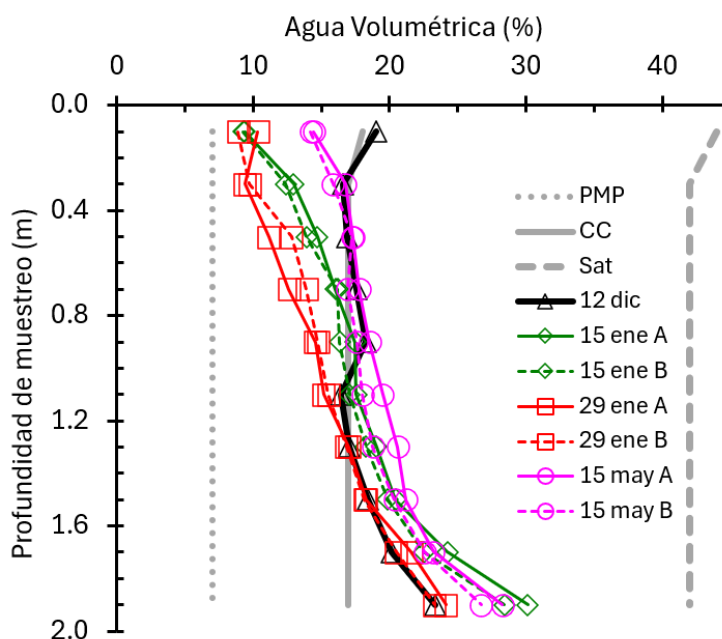


Figura 4. Humedad volumétrica del perfil (0–2 m) en alta (líneas continuas) y media (líneas discontinuas) densidad, para cada fecha de muestreo. El desvío estándar medio de las muestras que repitieron fue de 0.5% volumétrico, y el tamaño de los símbolos es aproximadamente 2 veces ese valor. Se agregan además los límites hídricos del perfil, punto de marchitez permanente (PMP), capacidad de campo (CC) y saturación (sat).

Rendimientos del ensayo en el contexto de la serie provincial

La serie histórica de San Luis para las campañas 1969/70 a 2024/25 presenta una media de 3062 kg ha⁻¹, con un claro cambio de rendimientos desde fines de los noventa, donde muchos establecimientos dejaron de ser solo ganaderos y comenzó una creciente profesionalización de la agricultura en la provincia (Cuadro 3, Figura 5). En las últimas 10 campañas la media fue de 5175 kg ha⁻¹ con un desvío estándar de 1176 kg ha⁻¹ (SAGyP, 2026). El rendimiento medio del ensayo en alta densidad (7408 kg ha⁻¹) resultó 43 % superior a esa media, superando el máximo medio registrado a escala provincial (7102 kg ha⁻¹ en la campaña 2016/17), y el de media densidad (5825 kg ha⁻¹) quedó 12,6 % por encima. Los Híbridos 5 y 6, ambos por encima de 9000 kg ha⁻¹ en alta densidad, superaron en aproximadamente 27 % al máximo provincial de toda la serie (Cuadro 3, Figura 5).

Cuadro 3. Rendimiento de maíz obtenido en el ensayo y valores de referencia de la serie histórica provincial de San Luis (SAGyP, 2026).

Referencia	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
Media de la serie provincial 1969/70 a 2024/25 (n = 56)	3062
Media provincial de las últimas diez campañas (2015/16 a 2024/25)	5175
Desvío estándar de las últimas diez campañas	1176
Máximo provincial de la serie (campaña 2016/17)	7102
Última campaña provincial disponible (2024/25)	5271
Ensayo 2025-26, Media densidad (media de ocho híbridos)	5825
Ensayo 2025-26, alta densidad (media de ocho híbridos)	7408
Ensayo 2025-26, valor máximo individual (Híbrido 5, alta densidad)	9053

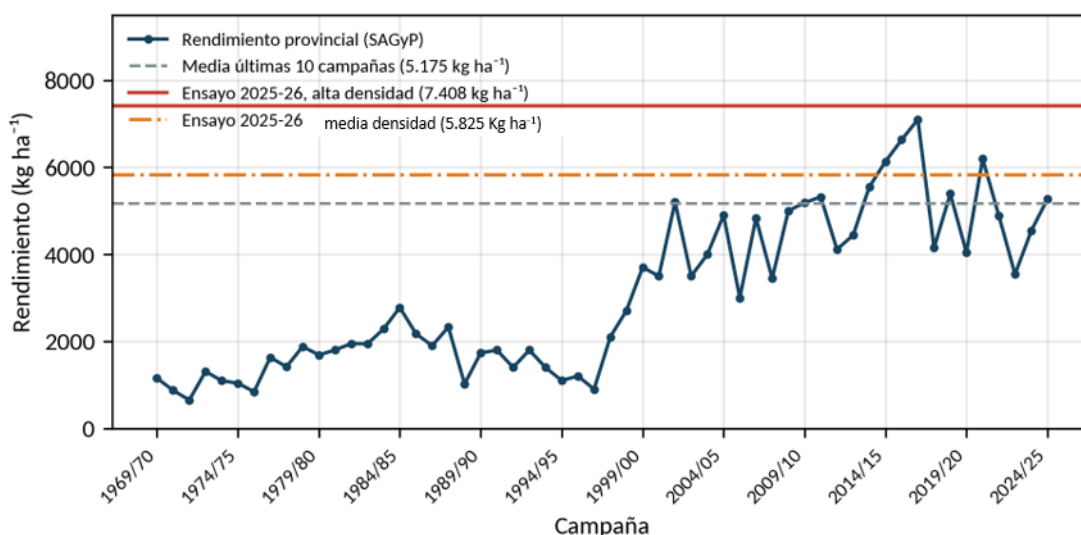


Figura 5. Serie histórica de rendimiento de maíz de la provincia de San Luis, campañas 1969/70 a 2024/25 (SAGyP, 2026), y ubicación relativa de los rendimientos medios obtenidos en el ensayo bajo alta y media densidad en línea continua marrón y discontinua anaranjada.

Discusión

La distribución de las lluvias fue el rasgo distintivo de la campaña. El agua disponible en el perfil permitió sostener sin estrés al cultivo desde su siembra, a

mediados de diciembre, hasta febrero, cuando ocurrieron lluvias muy oportunas para las etapas más críticas. De hecho, hubo un excedente de lluvias que se reflejó en una recarga del perfil, aun cuando la cobertura del cultivo era la más alta. La dinámica del agua en el perfil durante el ciclo no mostró diferencias apreciables entre ambas densidades. Las condiciones de radiación y temperatura en las etapas más críticas fueron también favorables y, junto a la ocurrencia demorada de la primera helada, completaron un escenario favorable para el desempeño del cultivo.

La respuesta al incremento de la densidad se explicó principalmente por un mayor número de granos. Este componente se determina alrededor de floración en función de la tasa de crecimiento del cultivo, dependiente de la radiación interceptada y de su eficiencia de conversión (Monteith, 1977; Andrade et al., 1999). La combinación de un buen escenario hídrico y térmico y una mayor captura de radiación explica el incremento del número de granos (+63,2 %), que compensó ampliamente la reducción del peso de grano (-19,2 %) asociada al aumento de la competencia intraespecífica (Maddonni y Otegui, 2004). La respuesta diferencial entre híbridos es coherente con una esperable variabilidad genotípica frente al aumento de la competencia, aunque el diseño experimental no permite cuantificarla.

La comparación con la serie histórica provincial permite contextualizar la campaña, aunque debe interpretarse con cautela debido a las diferencias entre las condiciones de producción y las experimentales, incluyendo el manejo del lote y la ausencia de repeticiones. Los rendimientos observados describen las condiciones particulares de la campaña evaluada y no una estimación del potencial regional.

Conclusiones

La campaña evaluada presentó condiciones ambientales favorables durante el período crítico del cultivo, con adecuada disponibilidad hídrica y ausencia de estrés térmico severo, lo que favoreció una elevada fijación de granos. En este contexto, la mayor densidad de plantas incrementó el rendimiento en un 27,2 % respecto de la menor densidad, principalmente por un aumento en el número de granos, acompañado por una mayor intercepción de radiación fotosintéticamente activa. Asimismo, se evidenció variabilidad entre híbridos en la respuesta productiva y en la contribución de los componentes del rendimiento. Dado que el estudio corresponde a una única campaña, sitio y lote, sin repetición de tratamientos, los resultados deben interpretarse como descriptivos de las condiciones particulares evaluadas y no son extrapolables a otros ambientes o campañas.

Apoyo financiero

El ensayo se condujo con recursos de la Estación Experimental Agropecuaria San Luis del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Referencias bibliográficas

- Allen R.G.; Pereira L.S.; Raes D.; Smith M. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Roma.
- Andrade F.H.; Vega C.; Uhart S.; Cirilo A.; Cantarero M.; Valentinuz O. 1999. Kernel number determination in maize. Crop Science, 39: 453-459.



50 AÑOS
PENSANDO
EL FUTURO

XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ

- Bertón J.A.; Corral A.Z. 1989. Análisis de la precipitación en Villa Mercedes (San Luis), período 1899/00-1984/85. *Semiárida, Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam*, 4(1): 1-8.
- Jiang, X; S. Kang; L. Tong; F. Li, D. Li; R. Ding y R. Qiu. 2014. Agricultural Water Management Crop coefficient and evapotranspiration of grain maize modified by planting density in an arid region of northwest China. *Field Crops Research*, 142: 135-143.
- Maddonni G.A.; Otegui M.E. 2004. Intra-specific competition in maize: early establishment of hierarchies among plants affects final kernel set. *Field Crops Research*, 85: 1-13.
- Monteith J.L. 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 281: 277-294.
- Peña Zubiarte C.A.; Anderson D.L.; Demmi M.A.; Saenz J.L.; d'Hiriart A. 1998. Carta de suelos y vegetación de la provincia de San Luis. INTA, Estación Experimental Agropecuaria San Luis, San Luis, 115 p.
- SAGyP (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca). 2026. Estimaciones agrícolas: serie histórica de superficie, producción y rendimiento de maíz por provincia y campaña. Ministerio de Economía, Buenos Aires.
- Villalobos F.J.; Fereres E. 1990. Evaporation measurements beneath corn, cotton and sunflower canopies. *Agronomy Journal*, 82: 1153-1159.