

FECHA DE SIEMBRA, DENSIDAD Y GENOTIPO DE MAÍZ EN EL NOROESTE BONAERENSE. CAMPAÑAS 2014/2015, 2015/2016 Y 2016/2017

Walter Miranda^{1*}, Mauro Rampo¹, Paula Girón¹, Mirian Barraco¹, Martín Lobos¹

¹EEA INTA General Villegas

*miranda.walter@inta.gov.ar

PALABRAS CLAVE:

fecha de siembra, densidad, genotipo, maíz.

INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial. En Argentina se cultiva en aproximadamente el 5% del área agrícola y bajo condiciones de secano. Las precipitaciones se distribuyen a lo largo del año, sin embargo, existen períodos donde las mismas son de menor magnitud como en el invierno y comienzos de verano. Estas últimas junto con la alta demanda ambiental determinan períodos de estrés hídrico (es decir, la evapotranspiración diaria excede las precipitaciones diarias). El rendimiento de un cultivo está determinado por su genotipo y el impacto del ambiente sobre su capacidad de crecimiento y partición de materia seca hacia destinos reproductivos (Gifford et al., 1984). La probabilidad de ocurrencia de estrés hídrico en este momento del año determina la probabilidad de éxito de los maíces de primera, debido a que en ese momento ocurre el período crítico (PC) para la determinación del número de granos por unidad de superficie (Tollenaar et al. 1992; Andrade et al. 1999). La elección de la fecha de siembra es una variable que el productor dispone para ubicar el PC en el momento deseado, intentado buscar mayor potencialidad de rindes (fines de septiembre a principios de octubre) o mayor estabilidad de los mismos (principios de diciembre, Otegui et al. 1995). En el caso de los maíces tardíos presentan una etapa emergencia a floración más corta que los de primera. Ubican el PC en febrero cuando la demanda atmosférica es menor y mayor la estabilidad de las precipitaciones. El llenado de granos ocurre en una época de menores temperaturas y menor radiación que podría tener efecto adverso sobre el peso de los granos (PG). Esta fecha de siembra comenzó a tener mayor éxito con el ingreso al mercado de los maíces resistentes a lepidópteros (Williams et al. 1997).

La determinación de la estructura de siembra (densidad, distancia entre hileras y uniformidad) puede afectar significativamente la capacidad del cultivo para capturar y utilizar recursos; es, por lo tanto, una variable que tiene gran incidencia sobre el rendimiento del cultivo (Satorre, 2008). El manejo de la densidad de plantas es una de las herramientas más eficientes para lograr canopeos que intercepten el máximo de radiación incidente y produzcan altas tasas de crecimiento, especialmente durante el PC (Andrade y Sadras, 2000; Hernández et al., 2014). El cultivo de maíz presenta poca plasticidad foliar y reproductiva (Gardner et al., 1985), y no posee gran capacidad de compensar un bajo número de plantas; por ello la densidad de plantas es más crítica en el cultivo de maíz que trigo, soja y girasol (Andrade y Sadras, 2000). Por otro lado, cuando los recursos por planta disminuyen, en densidades supra óptimas ocurren drásticas caídas en el número de granos m⁻², debido a que la espiga es un destino axilar y, por lo tanto, de prioridad secundaria en la planta (Tollenaar, 1977).

Un cultivo está constituido por un conjunto de plantas cuyo fondo genético, en maíz normalmente similar o uniforme entre individuos, representa al genotipo. Por lo tanto, el genotipo comprende el conjunto de genes que determinan la expresión de un carácter o caracteres de interés (De la Vega y De la Fuente, 2010).

El maíz es, sin duda, una de las especies cultivadas que ofrece mayor respuesta a la aplicación de tecnología. Entre los factores que inciden sobre su rendimiento algunos tienen carácter definitorio y,

por lo general están asociados a decisiones vinculadas a la estructura del cultivo. Entre estos factores la elección de un determinado híbrido (su fenología y su comportamiento agronómico) es uno de los más importantes, tanto por su influencia sobre el rendimiento potencial, el resultado y el manejo del cultivo, como su participación en los costos directos de producción (Satorre 2008).

Por todo lo dicho, la elección del híbrido, de la fecha de siembra, y de la densidad de siembra juega un papel fundamental en el paquete tecnológico cuando se decide sembrar maíz en un determinado ambiente productivo.

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la fecha de siembra, la densidad y el genotipo sobre el rendimiento de maíz en el noroeste bonaerense.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se instalaron en el Campo experimental de la EEA INTA General Villegas, sobre una consociación de suelos Hapludoles típicos durante las campañas 2014/2015, 2015/2016 y 2016/2017. Se utilizó el doble cultivo trigo/soja de segunda como antecesor a lo largo de las 3 campañas y los suelos se caracterizaron por presentar más de 2% de materia orgánica, bien provistos de fósforo, napa entre 1 a 2 m de profundidad y con más de 10 años de agricultura en siembra directa.

Respecto del manejo de maíz, el control de malezas se realizó con barbechos químicos sin herbicidas residuales y se utilizaron residuales en los tratamientos de preemergencia del cultivo. La fertilización fosforada se realizó con 100 kg ha⁻¹ de fosfato monomónico y la nitrogenada, se corrigió a 150 kg ha⁻¹ (N suelo + N fertilizante) durante la campaña 2014/2015 y a 250 kg ha⁻¹ durante las campañas 2015/2016 y 2016/2017. Los ensayos se sembraron con una sembradora neumática experimental Baumer de 4 surcos a 0.525 m de distanciamiento y cada unidad experimental estuvo conformada por 4 surcos de 10 m de largo.

Se realizaron dos fechas de siembra en cada campaña: 1=maíz de primera (MP) y 2=maíz tardío (MT), (Tabla 1).

Tabla 1. Fecha de siembra por campaña para maíz de primera (MP) y maíz tardío (MT).

Campaña	MP	MT
2014/2015	1/10/2014	4/12/2014
2015/2016	8/10/2015	3/12/2015
2016/2017	4/10/2016	7/12/2016

Tabla 2. Fecha de cosecha por campaña para maíz de primera (MP) y maíz tardío (MT).

Campaña	MP	MT
2014/2015	14/5/2015	8/6/2015
2015/2016	28/3/2016	12/7/2016
2016/2017	9/5/2017	20/7/2017

Se utilizaron 4 densidades (3,2; 4,7; 6,2 y 8,4 pl m⁻²) en la campaña 2014/2015 y 5 densidades (3,2; 4,7; 6,2; 8,4 y 14 pl m⁻²) en las siguientes 2 campañas.

Se sembraron los genotipos indicados en la Tabla 3. Sólo algunos de ellos se repitieron durante las 3 campañas.

Tabla 3. Genotipos de maíz de diferente madurez relativa (MR) de distintas empresas sembrados (X) durante las campañas 2014/2015, 2015/2016 y 2016/2017.

Genotipo	Empresa	MR	Campaña		
			2014/2015	2015/2016	2016/2017
Csn2093	Consus	118		X	
Csn2104	Consus	125		X	
DM 2738	Don Mario	119	X	X	X
DMexp04	Don Mario	121			X
Dow 502	Dow Agrosociencias	120			X
Dow 505	Dow Agrosociencias	121	X	X	X
Dow 507	Dow Agrosociencias	123			X
I 550	Illinois	102	X	X	X
I 887	Illinois	124			X
I 797	Illinois	124	X	X	
Kws 3800	KWS	118	X	X	
TJ 626	La Tijereta	126	X		
Dk 66-10	Monsanto	116	X	X	X
Dk 72-10	Monsanto	122	X	X	X
Dk 73-20	Monsanto	123			X
Dk 69-10	Monsanto	119			X
Dk 70-10	Monsanto	120		X	X
Dk 70-20	Monsanto	120			X
Dk 190	Monsanto	120	X	X	
AX7761	Nidera	118			X
AX7784	Nidera	117			X
AX7822	Nidera	117	X	X	X
P39B77	Pioneer	92		X	
SY 840	Syngenta	122	X	X	X
SY 900	Syngenta	126	X	X	X
SY 875	Syngenta	119			X

Se evaluaron componentes y rendimiento. Se midió humedad de grano a cosecha.

El diseño fue en parcelas sub-subdivididas, donde la parcela principal fue la fecha de siembra, la subparcela la densidad y la sub-subparcela el genotipo. Se analizaron los datos con el software InfoStat (Di Rienzo et al., 2016).

RESULTADOS

1. Clima

La temperatura media anual fue de 15,5; 13,8 y 16 °C para las campañas 2014/2015, 2015/2016 y 2016/2017, respectivamente. Dentro de cada campaña, las temperaturas exploradas por el cultivo de maíz en cada fecha de siembra fueron similares, a excepción de la campaña 2016/2017 donde el MT exploró una temperatura media 2°C mayor (Figuras 1, 2 y 3). En general se registraron muy poca cantidad de días con temperaturas máximas mayores a 35°C que ponen en riesgo la viabilidad del polen. Desde el punto de vista hídrico, se observó un volumen de precipitaciones similares a la media (datos no mostrados) para la campaña 2014/2015. En las restantes, las precipitaciones fueron 14 (2015/2016) y 34 % (2016/2017) superiores a la media. La distribución de las mismas fue uniforme entre octubre y mayo durante la campaña 2014/2015 y menos uniforme entre septiembre y abril en las restantes. A su vez, en éstas últimas los picos de precipitaciones por decena de días fueron mayores.

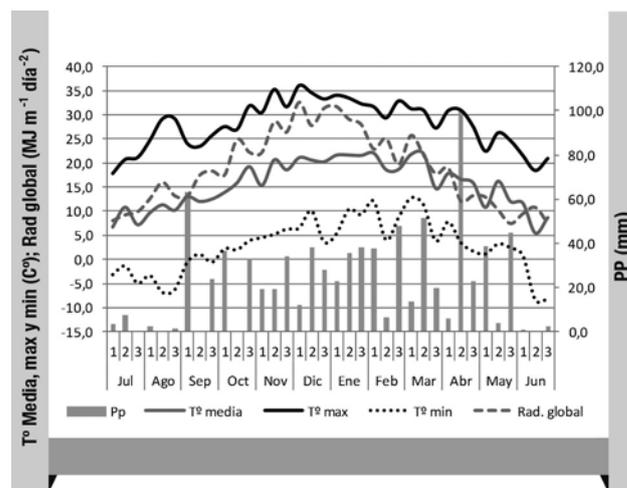


Figura 1. Temperatura media (T° media, °C), máxima (T° máx, °C) y mínima (T° mín, °C) y radiación global (Rad. Global, MJ m⁻² día⁻¹) durante la campaña 2014/2015.

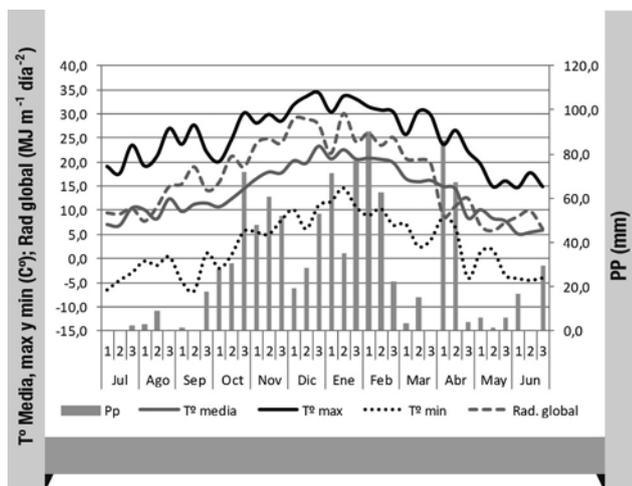


Figura 2. Temperatura media (T° media, $^{\circ}\text{C}$), máxima (T° máx, $^{\circ}\text{C}$) y mínima (T° min, $^{\circ}\text{C}$) y radiación global (Rad. Global, $\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$) durante la campaña 2015/2016.

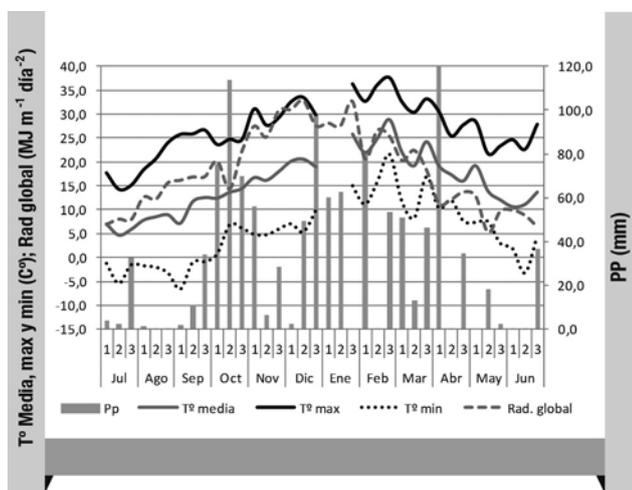


Figura 3. Temperatura media (T° media, $^{\circ}\text{C}$), máxima (T° máx, $^{\circ}\text{C}$) y mínima (T° min, $^{\circ}\text{C}$) y radiación global (Rad. Global, $\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$) durante la campaña 2016/2017.

Teniendo en cuenta que un maíz de excelente rendimiento puede consumir entre 500 y 600 mm y que en todas las campañas la napa osciló entre 1 y 2 m de profundidad, en ninguna campaña el cultivo de maíz sufrió un estrés hídrico de importancia. Si bien en todos los casos las precipitaciones durante el período crítico fueron de importancia, la presencia de napa permitió independizarse de la distribución de las precipitaciones (Tabla 4).

Tabla 4. Distribución de las precipitaciones (PP) según fechas de siembra de maíz (MP=maíz de primera y MT=maíz tardío) para las campañas 2014/2015, 2015/2016 y 2016/2017.

PP Período	Campaña 2014/2015		Campaña 2015/2016		Campaña 2016/2017	
	MP	MT	MP	MT	MP	MT
Crítico	89	82,6	152	230	208	80
PP Prefloración	157	189	335	304	419	322
PP Posfloración	217	232	366	322	209	316
PP Ciclo	373	420	701	626	628	673

2. Rendimiento

En promedio los MP rindieron un 3,6; 5,2 y 6 % más para las campañas 2014/15, 2015/16 y 2016/17, respectivamente que los MT (Figura 4). Esto se explicó principalmente por el NG m^{-2} (datos no mostrados).

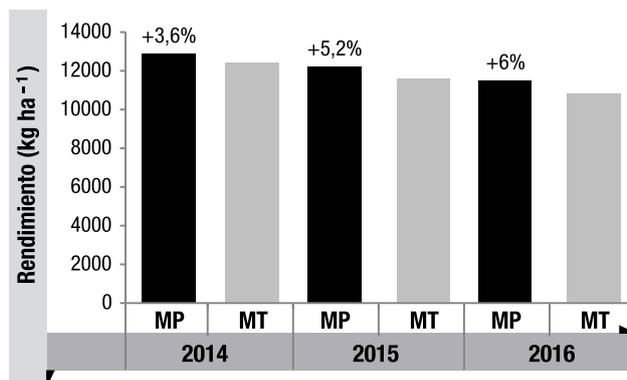


Figura 4. Rendimiento (kg ha^{-1}) de maíz de primera (MP) y tardío (MT) durante las campañas 2014/2015, 2015/2016 y 2016/2017, promedio de todas las densidades y genotipos evaluados.

En el caso de MP el mayor % de incremento respecto de la media de esa fecha de siembra se encontró con la densidad de $8,4 \text{ pl m}^{-2}$ (11%) (Figura 5). En cambio, en MT el mayor incremento fue la para densidad de $6,2 \text{ pl m}^{-2}$. Sin embargo, se registraron interacciones de fecha de siembra por genotipo y de genotipo por densidad (Figuras 6, 7 y 8). En ambas fechas de siembra la mayor variabilidad entre genotipos se observó con la densidad de 14 pl m^{-2} . Esto concuerda con los datos encontrados por Hernández et al. (2014) quienes estudiaron la tolerancia a estrés poblacional en híbridos modernos de Argentina.

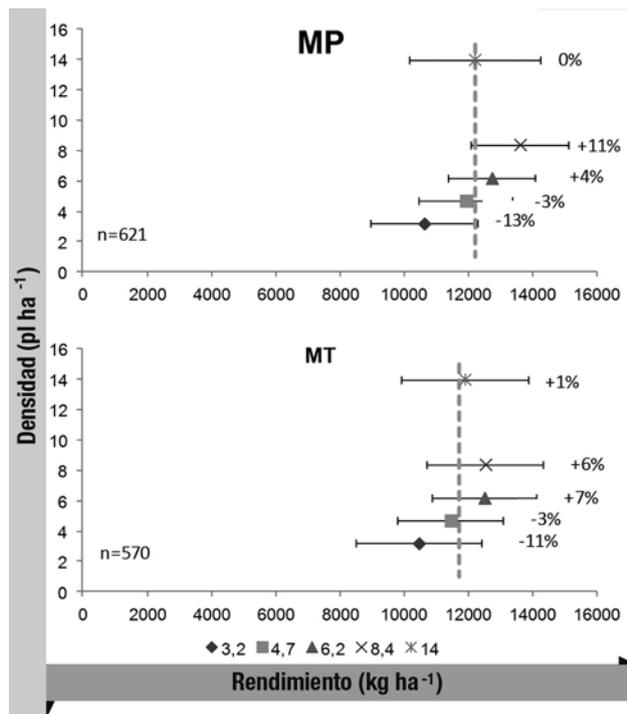


Figura 5. Rendimiento (kg ha^{-1}) de maíz de primera (MP) y tardío (MT) en función de la densidad, promedio de las 3 campañas. Las barras horizontales indican el desvío estándar de la muestra. La línea vertical recortada indica la media de cada fecha de siembra. Los % muestran los incrementos en rendimientos respecto de la media. n=número de parcelas de evaluadas en cada fecha de siembra.

Durante la campaña 2014/2015 hubo genotipos que no mostraron respuesta del rendimiento ($p > 0,05$) a la variación en densidad y fecha de siembra como es el caso de I-797 y TJ-626 (Figura 6). El DM 2738 registró respuesta a ambas variables ($p < 0,05$). El Dk 66-10 y el SY 840 presentaron interacción entre fecha de siembra y densidad. En el caso de Dk 66-10 estuvo dada por la prolifera-

ción de macollos productivos a bajas densidades en MT que le permitió mantener rendimientos altos. En cambio en SY 840 estuvo dado por el comportamiento diferencial a densidad según fechas de siembra. Los genotipos AX 7822, Dk 190, Dk 72-10, Dow 505, I-550 y SY 900 tuvieron sólo respuesta a densidad ($p < 0,05$) independientemente de la fecha de siembra. Sin embargo, en ninguno de los casos se encontró respuesta en rendimiento a densidades superiores a $6,2 \text{ pl m}^{-2}$ (Figura 6).

Durante la campaña 2015/2016 (Figura 7), al igual que la anterior, hubo genotipos que no registraron respuesta ($p > 0,05$) tanto a densidad como a fecha de siembra (AX 7822 y DM 2738). El CSN 2093 tuvo diferencias significativas ($p < 0,05$) a favor de MP. El Dk 70-10, Dk 72-10 y SY 840 presentaron interacción ($p < 0,05$) entre fecha de siembra y densidad. En el caso, de Dk 70-10 estuvo dada por el macollaje a bajas densidades en MT que le permitió sostener rendimientos altos, el Dk 72-10 presentó en MP una mayor

tolerancia a altas densidades y el SY 840 tuvo un comportamiento diferencial de la respuesta a densidad entre fechas de siembra. El resto de los genotipos tuvieron respuesta ($p < 0,05$) a densidad independientemente de la fecha de siembra. Los genotipos Dk 190, Dk 66-10, Tj 626 y KWS 3800 respondieron hasta la densidad de $8,4 \text{ pl m}^{-2}$, mientras que CSN 2104, Dow 505, I-797, I-550, P39B77 y SY 900 registraron aumentos de rendimiento hasta $6,2 \text{ pl m}^{-2}$. Es decir, que por encima de esta densidad algunos híbridos mantuvieron sus rendimientos mientras que en otros el impacto fue negativo. Esto tiene que ver con la respuesta diferencial de los genotipos a la tolerancia a estrés poblacional (Hernández et. al., 2014).

En la campaña 2016-2017 (Figura 8), también hubo genotipos que no presentaron respuesta ($p > 0,05$) a las variables evaluadas (AX 7761, Dk 72-10, Dk 69-10, DM 2738 y SY 875) y dos genotipos presentaron interacción ($p < 0,05$) entre fecha de siembra y densidad (Dk 66-10 y Dk 73-20) dada por la respuesta diferencial a den-

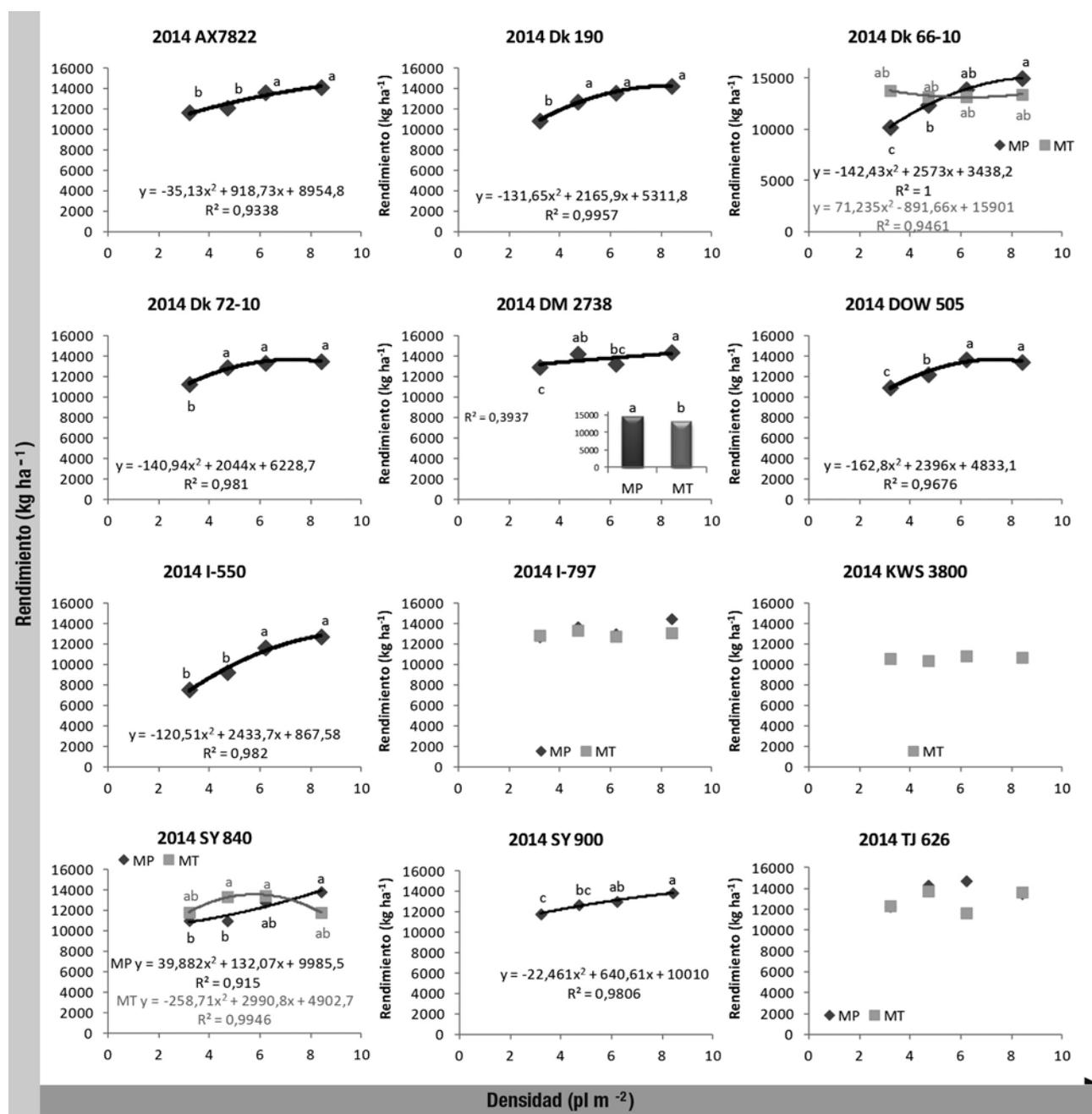


Figura 6. Rendimiento (kg ha^{-1}) de genotipos de maíz en función de las densidades y fechas de siembra durante la campaña 2014/2015. Cuando no se registró interacción entre fecha de siembra y densidad, la curva representa el comportamiento promedio de las dos fechas de siembra evaluadas. Los gráficos de barra representan el efecto de la fecha de siembra cuando éste fue significativo (promedio de todas las densidades evaluadas). Letras diferentes indican diferencias significativas entre densidades en las curvas y entre maíz temprano (MP) y tardío (MT) en el gráfico de barras ($p < 0,05$).

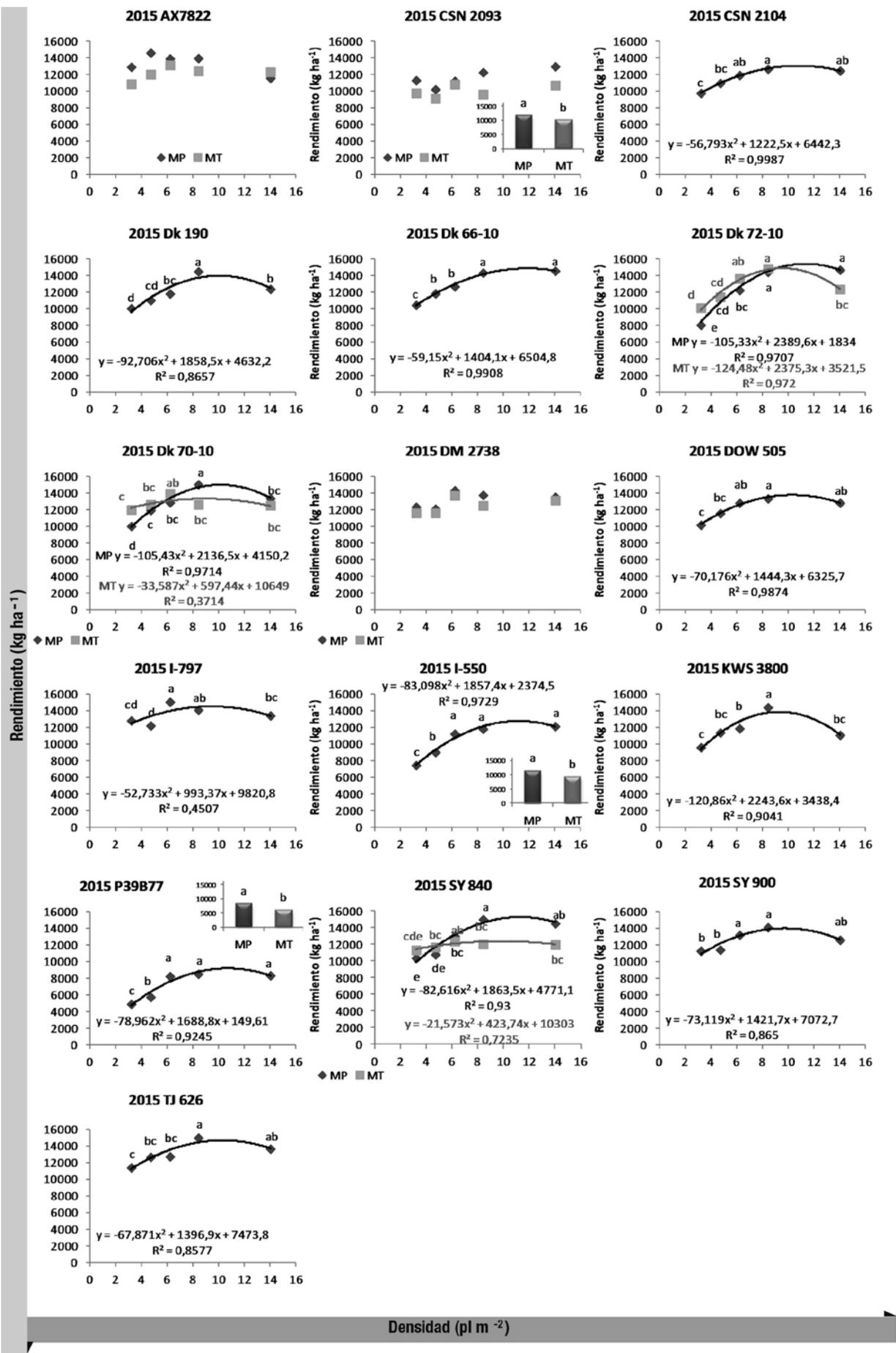


Figura 7. Rendimiento (kg ha⁻¹) de genotipos de maíz en función de las densidades y fechas de siembra durante la campaña 2015/2016. Cuando no se registró interacción entre fecha de siembra y densidad, la curva representa el comportamiento promedio de las dos fechas de siembra evaluadas. Los gráficos de barra representan el efecto de la fecha de siembra cuando éste fue significativo (promedio de todas las densidades evaluadas). Letras diferentes indican diferencias significativas entre densidades en las curvas y entre maíz temprano (MP) y tardío (MT) en el gráfico de barras ($p < 0.05$).

alidad entre fechas de siembra. El resto registró respuesta ($p < 0,05$) a densidad y en ninguno de los casos se encontraron mejoras significativas de rendimiento por encima de la densidad de 6,2 pl m⁻².

Durante las 3 campañas los rendimientos promedio se ubicaron entre los 12000 y 13000 kg ha⁻¹, es decir, se exploraron ambientes

de muy buena calidad. En los mismos, se llevaron adelante 92 estudios de densidades con diferentes genotipos, sólo en 8 casos se encontró respuesta del rendimiento hasta la de densidad de 8,4 pl m⁻², en 56 se registró respuesta hasta la densidad de 6,2 pl m⁻² y en 28 no se observaron respuesta entre las densidades exploradas.

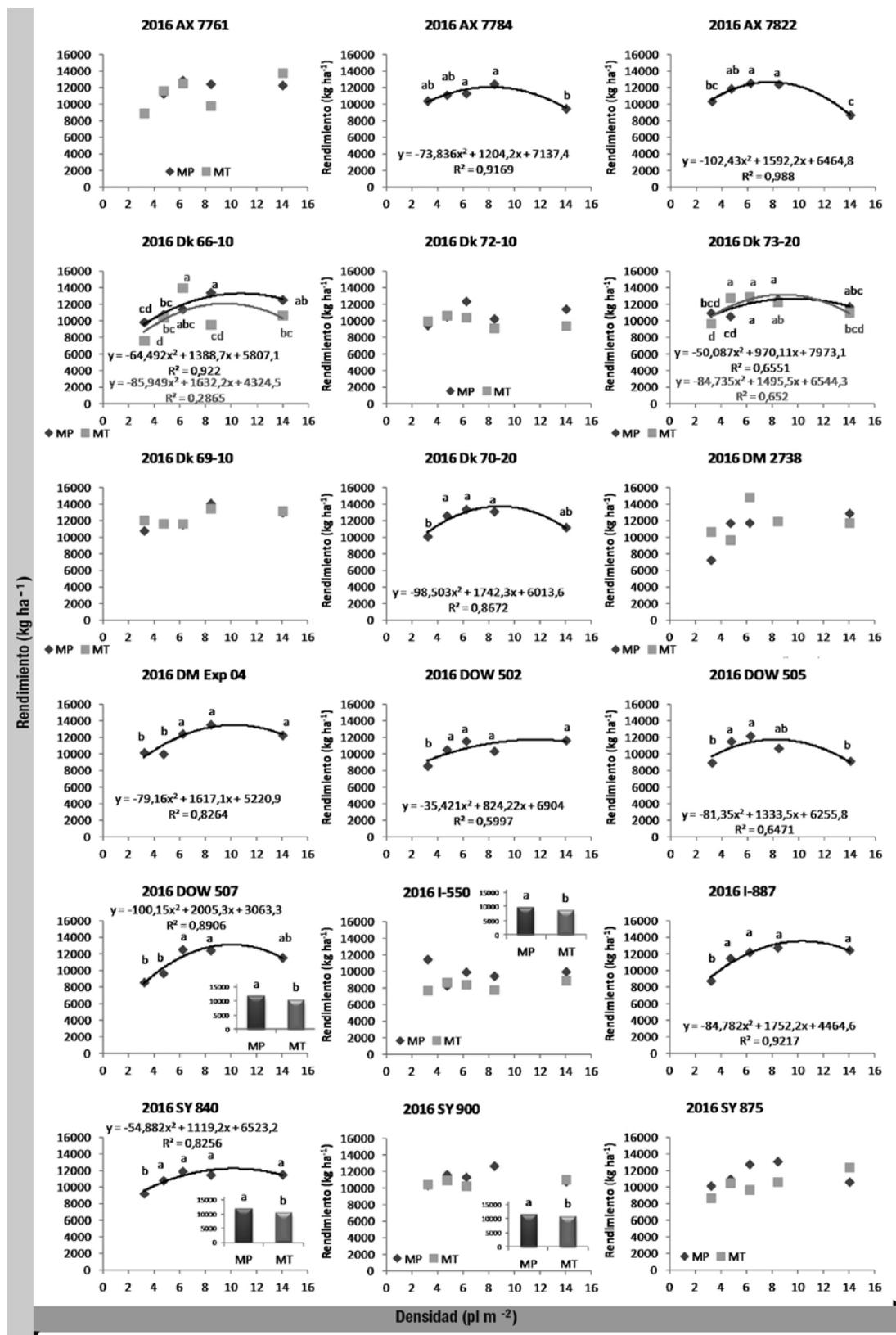


Figura 8. Rendimiento (kg ha⁻¹) de genotipos de maíz en función de las densidades y fechas de siembra durante la campaña 2016/2017. Cuando no se registró interacción entre fecha de siembra y densidad, la curva representa el comportamiento promedio de las dos fechas de siembra evaluadas. Los gráficos de barra representan el efecto de la fecha de siembra cuando éste fue significativo (promedio de todas las densidades evaluadas). Letras diferentes indican diferencias significativas entre densidades en las curvas y entre maíz temprano (MP) y tardío (MT) en el gráfico de barras ($p < 0,05$).

CONCLUSIONES

El rendimiento promedio de maíz en cada campaña se ubicó entre los 12000 y 13000 kg ha⁻¹. En las campañas exploradas MP tuvo un rendimiento levemente superior a MT. Se encontró variabilidad genotípica en la respuesta a densidad y fecha de siembra. En 61% de los 92 casos donde se estudió respuesta a la densidad no se observaron incrementos de rendimiento por encima de 6,2 pl m⁻².

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a quienes acompañaron en el desarrollo de los ensayos y en la obtención de datos: Sr. Pablo Agüero, Sr. Agustín Iaconis y Sr. Neri Faundes. Y a los semilleros por el envío de los genotipos.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, F.; y Sadras, V. 2000. Bases para el Manejo del Maíz, el Girasol y la Soja. Ed. Médica Panamericana S.A ISBN, Buenos Aires, 2000, Pág.: 443
- De La Vega J.; De La Fuente E. 2010. Elección de genotipos. En: Pascale J. (ed.). Producción de granos, bases funcionales para su manejo. Buenos Aires, Editorial Facultad de Agronomía. págs. 319-349
- Di Rienzo J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, C.W. InfoStat versión 2016. Córdoba: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Gardner, B.R.; Pearce R.B y Mitchel, R. 1985. Physiology of crop plants. Iowa State University Press. USA. Pág 327.
- Gifford, R.M.; Thorne, J; Hitz, W y Giaquinta, R. 1984. Crop productivity and photo assimilate partitioning. Science, 225:801-808.
- Hernández, F, Amelong, A, Borrás, L. 2014. Genotypic Differences among Argentinean Maize Hybrids in Yield Response to Stand Density - Agronomy Journal, Vol. 106 No. 6, p. 2316-2324.
- Satorre, E.H. 2008. Elección del híbrido. En: Suarez, M. Moreno, M. (eds.) Producción de Maíz. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, AACREA, (2008). Págs. 41-42.
- Tollenaar, M. 1977. Sink-source relationships during reproductive development in maize. A review. Maydica 22:49-75.
- Tollenaar M, Dwyer LM, Stewart DW 1992. Ear and kernel formation in maize hybrids representing three decades of grain yield improvements in Ontario. Crop Sci 32:432-438
- Andrade FH, Vega C, Uhart S, Cirilo A, Cantarero M, Valentinuz O 1999 Kernel number determination in maize. Crop Sci 39:453-459
- Otegui ME, Nicolini MG, Ruiz RA, Dodds PA 1995 Sowing date effects on grain yield components for different maize genotypes. Agron J 87:29-33
- Williams WP, Sagers JB, Hanten JA, Davis FM, Buckley PM 1997. Transgenic corn evaluated for resistance to fall armyworm and Southwestern corn borer. Crop Sci 37:957-962