

Información Técnica 199

ISSN 0327- 425XX/ Julio de 2023

"1983/2023 - 40 AÑOS DE DEMOCRACIA"

Maíz en San Luis

Efecto de fechas y densidades de siembra sobre el rendimiento y sus componentes ecofisiológicos

Nicolás E. Rusoci; Maximiliano Riglos



Maíz en San Luis: Efecto de fechas y densidades de siembra sobre el rendimiento y sus componentes ecofisiológicos

Nicolás E. Rusoci
Maximiliano Riglos

INTA Ediciones

Colección
RECURSOS

Autores:

Ing. Agr. (MSc) Nicolás E. Rusoci

Grupo de Producción Agrícola

EEA San Luis

Contacto: rusoci.nicolas@inta.gob.ar

Ing. Agr. Maximiliano Riglos

Grupo de Producción Agrícola

EEA San Luis

Contacto: riglos.maximiliano@inta.gob.ar

Maíz en San Luis: efecto de fechas y densidades de siembra sobre el rendimiento y sus componentes ecofisiológicos

RESUMEN

Palabras claves: número de granos, peso de granos, fecha, densidad, grano de maíz.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto combinado de fechas y densidades de siembra sobre el rendimiento y sus componentes numéricos y ecofisiológicos del cultivo de maíz en una región semiárida. Se definieron seis tratamientos en función de la fecha de siembra (FS) y densidad (D) de un híbrido comercial de maíz semidentado (Dekalb 72-10 VT3P), FS1: 28/10/2021, FS2: 6/12/2021; D1: 30000 pl/ha, D2: 55000 pl/ha, D3: 80000 pl/ha. El rendimiento y el número de granos/m² del cultivo de maíz fueron afectados por la densidad y fecha de siembra ($p < 0.01$). El valor más elevado en rendimiento y número de granos/m² se observó en la FS2 y D3 con 4555 kg/ha y 4183 granos/m², respectivamente. Por su parte, el peso de los granos no fue afectado por la densidad de plantas ($p > 0.05$) pero si lo fue por la fecha de siembra ($p < 0.001$), siendo en la FS2 donde se registraron los valores más bajos. La radiación incidente alrededor de floración fue de 30 MJ/m².día para la FS1, mientras que para la FS2 oscilaron entre 20 y 25 MJ/m².día. La radiación fotosintéticamente activa (RFA) interceptada en la FS1 y FS2 alrededor de floración fue mayor en la D3 para ambas fechas, alcanzando valores máximos alrededor del 80% y 70%, respectivamente. El mayor valor de biomasa del cultivo se observó en la FS2 y D3 alcanzando los 1185 gr/m². En el corriente estudio, un retraso en la fecha de siembra y aumento en su densidad generó el rendimiento más elevado bajo las condiciones en las cuales fue abordado este experimento.

Introducción

El rendimiento promedio de maíz a nivel nacional se ha mantenido prácticamente invariable durante la última década (aprox. 6900 kg/ha). Sin embargo, la producción anual en Argentina creció de 23 a 60 millones de toneladas en el mismo período. Esto se debió al aumento en la superficie cultivada, pasando de 3.8 a 8 millones de hectáreas (Otegui et al. 2021). Precios internacionales favorables de los productos agrícolas (FAO; <http://www.fao.org/es/esc/precios>) junto con cambios en las tendencias climáticas, por ejemplo, incrementos en las precipitaciones de hasta un 50 % en algunas áreas (Barros 2008), han impulsado la expansión de la agricultura en áreas previamente semiáridas (menos de 700 mm año⁻¹, temperatura media anual de 16°C y un período libre de heladas de 220 días), por ejemplo, al oeste y suroeste de la Pampa Ondulada, la Pampa Interior (Soriano 1991), donde el pastoreo era el uso predominante de la tierra (Maddonni, 2012). En estas regiones semiáridas, convergen estreses hídricos y térmicos frecuentes (Rattalino Edreira et al. 2011; Maddonni 2012). Esto ocasiona un impacto sobre el rendimiento cuando los mismos se originan alrededor de floración, provocando fallas en la fijación de los granos (Barnabás, 2008; Cicchino et al., 2010b; Rattalino et al., 2011). En cuanto al peso de los granos y su composición química, breves períodos de estrés térmico en post-floración causan un cese anticipado del llenado (Mayer et al., 2014; Rattalino et al., 2011) originando granos livianos, con menores porcentajes de aceite y mayores porcentajes de proteína (Mayer et al., 2014; 2016a). El número de granos al igual que el rendimiento de materia seca por unidad de área disminuyen frente a la disminución en densidad de plantas (Tetio-Kagho and F.P. Gardner et al. 1988). Por otro lado, el número de granos por planta aumenta frente a la disminución de la densidad de plantas (Tetio-Kagho and F.P. Gardner et al. 1988). La fecha de siembra por su parte, es otra variable a tener en cuenta en ambientes semiáridos. Las heladas tardías y el inicio tardío de la estación de las lluvias impiden las siembras muy tempranas que, además, están expuestas a la ocurrencia de reducciones del rendimiento por sequías y temperaturas supra-óptimas (Maddonni 2012). Una evaluación reciente (Gayo y López, 2018) reveló que, dentro de la región templada (entre 30° S y 40° S), la fecha de siembra se distribuye uniformemente entre opciones tempranas (septiembre-octubre) y tardías (finales de noviembre-diciembre). En Argentina, más del 50% de la cosecha de maíz corresponde a siembras tardías, cuyo objetivo es lograr la estabilidad del rendimiento al reducir el riesgo de déficit hídrico durante el período crítico de floración (Maddonni, 2012). Sin embargo, el período de llenado del grano está sujeto a un deterioro progresivo de las condiciones fototérmicas (*i.e.* radiación y temperatura) para el crecimiento del cultivo (Bonelli, 2013; Bonelli et al., 2016). A su vez, las siembras tardías, no solo disminuyen la tasa efectiva de llenado de

granos sino que también y acortan la duración de este periodo, en comparación con las siembras tempranas (Cirilo y Andrade, 1996). Pese a esto, las heladas tardías y el inicio tardío de la estación de las lluvias impiden las siembras muy tempranas que, además, están expuestas a la ocurrencia de reducciones del rendimiento por sequías y temperaturas supra-óptimas (Maddonni 2012). Frente a esto, la correcta elección de la fecha y densidad de siembra cobra relativa importancia para la determinación del rendimiento en el cultivo de maíz. En vista de lo anterior, el grupo de Producción Agrícola perteneciente a la EEA San Luis, condujo un ensayo de experimentación a campo para el cultivo de maíz. El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto combinado de fechas y densidades de siembra sobre el rendimiento y sus componentes numéricos y ecofisiológicos en una región semiárida.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo durante la estación de crecimiento 2021/22 en la Estación Experimental Agropecuaria INTA San Luis (33°39' S, 65°22' O) sobre un suelo Ustipsament típico. Se utilizó un diseño completo de bloques al azar con tres repeticiones en parcelas divididas. Se definieron seis tratamientos en función de la fecha de siembra (FS) y densidad (D) de un híbrido comercial de maíz semidentado (Dekalb 72-10 VT3P, híbrido que estuvo dentro de los cinco híbridos más sembrados en Argentina en los años anteriores, Di Matteo et al., 2016), FS1: 28/10/2021, FS2: 6/12/2021; D1: 30000 pl/ha, D2: 55000 pl/ha, D3: 80000 pl/ha. La parcela principal correspondiente a la FS midió 15 mts de ancho por 11 mts de largo, mientras que la subparcela que correspondió a la D fue de 5 mts de ancho por 11 mts de largo (9 líneas de siembra separadas a 0.52 cm). Las parcelas se fertilizaron previo a la siembra y en el estadio fenológico de V5 (solo para nitrógeno) con 30 kg/ha de fósforo y 100 kg/ha de nitrógeno (en cada aplicación) aportados con fosfato di amónico y urea, respectivamente. Las malezas fueron controladas efectivamente previo a la siembra y durante todo el ciclo del cultivo. Para plagas y enfermedades no fue necesario realizar ningún control. En diferentes momentos del ciclo del cultivo se realizaron mediciones de radiación incidente, radiación fotosintéticamente activa (RFA) interceptada y producción de biomasa. Al alcanzar la madurez fisiológica, las parcelas fueron cosechadas y luego secadas en estufa por 48 hs a 60°C. Posteriormente se les determinó el rendimiento y sus componentes numéricos.

Resultados

Rendimiento y sus componentes numéricos

El rendimiento y el número de granos/m² del cultivo de maíz fueron afectados por la densidad y fecha de siembra ($p < 0.01$). Tanto el rendimiento como el número de granos/m² mostraron una asociación positiva con el atraso en la fecha de siembra, alcanzando el valor más elevado en la FS2 y D3 con 4555 kg/ha y 4183 granos/m² respectivamente (figura 1 a, b). La D3 para ambas fechas de siembra, se diferenció significativamente de la D1 y D2 ($p < 0.05$), mientras que entre estas dos últimas densidades no se observó diferencias significativas para rendimiento y número de granos (figura 1 a, b). Por su parte, el peso de los granos no fue afectado por la densidad de plantas ($p > 0.05$) pero si lo fue por la fecha de siembra ($p < 0.001$), donde registró una asociación negativa con el atraso en esta última variable (figura 1c). Para ambas fechas de siembra, el principal componente numérico en explicar la variación en rendimiento fue el número de granos/m² ($r \geq 0.77$; $p < 0.0001$).

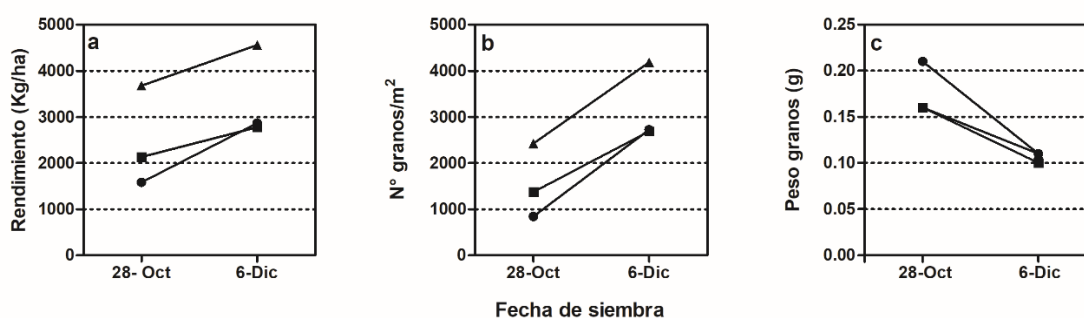


Figura 1. Rendimiento (Kg/ha) (a) y componentes numéricos del rendimiento: números (N°) de granos/m² (b) y peso de los granos (g) (c), para dos fechas de siembra, 28 de octubre y 6 de diciembre. Los valores presentados corresponden al promedio de tres repeticiones. Referencias: \blacksquare 30000 pl/ha, \blacksquare 55000 pl/ha, \blacktriangle 80000 pl/ha.

Componentes ecofisiológicos: radiación incidente, radiación fotosintéticamente activa (RFA) interceptada y producción de biomasa

En la figura 2 (a, d) se muestra la evolución de la radiación (MJ/m².día) durante la estación de crecimiento 2021/22 del cultivo de maíz. Para la FS1 la radiación incidente alcanzó valores más elevados (30 MJ/m².día) alrededor de la fecha de floración en comparación a la FS2, donde los valores oscilaron entre 20 y 25 MJ/m².día. La RFA interceptada en la FS1 alrededor de floración, fue mayor en la D3, alcanzando valores máximos alrededor del 80%, mientras que para la D1 y D2 los valores máximos fueron cercanos al 60% (figura 2 b). De igual manera se comportó la densidad en la FS2 siendo los valores registrados en la D3 alrededor de floración del 70% mientras que para D1 y D2 fueron del 60% (figura 2 e). La radiación incidente como así también la RFA

interceptada, luego de alcanzar sus máximos valores, comenzaron a disminuir conforme siguió avanzando la estación de crecimiento del cultivo (figura 2 a, b, d, e).

Los mayores valores de biomasa se observaron en la FS2 en comparación con la FS1 (figura 2 c, f). Para esta última, la D3 acumuló mayor contenido de biomasa durante su ciclo, llegando a valores de 1000 gr/m². Por su parte la D2 obtuvo valores intermedios de biomasa (700 gr/m²), siendo la D1 donde se observaron los menores valores (475 gr/m²) (figura 2 c). En cuanto a la FS2 y al igual que en la FS1, la D3 alcanzó el valor más elevado de biomasa (1185 gr/m²) durante su ciclo en comparación a la D1 y D2 que obtuvieron valores similares (740 gr/m²) (figura 2 f).

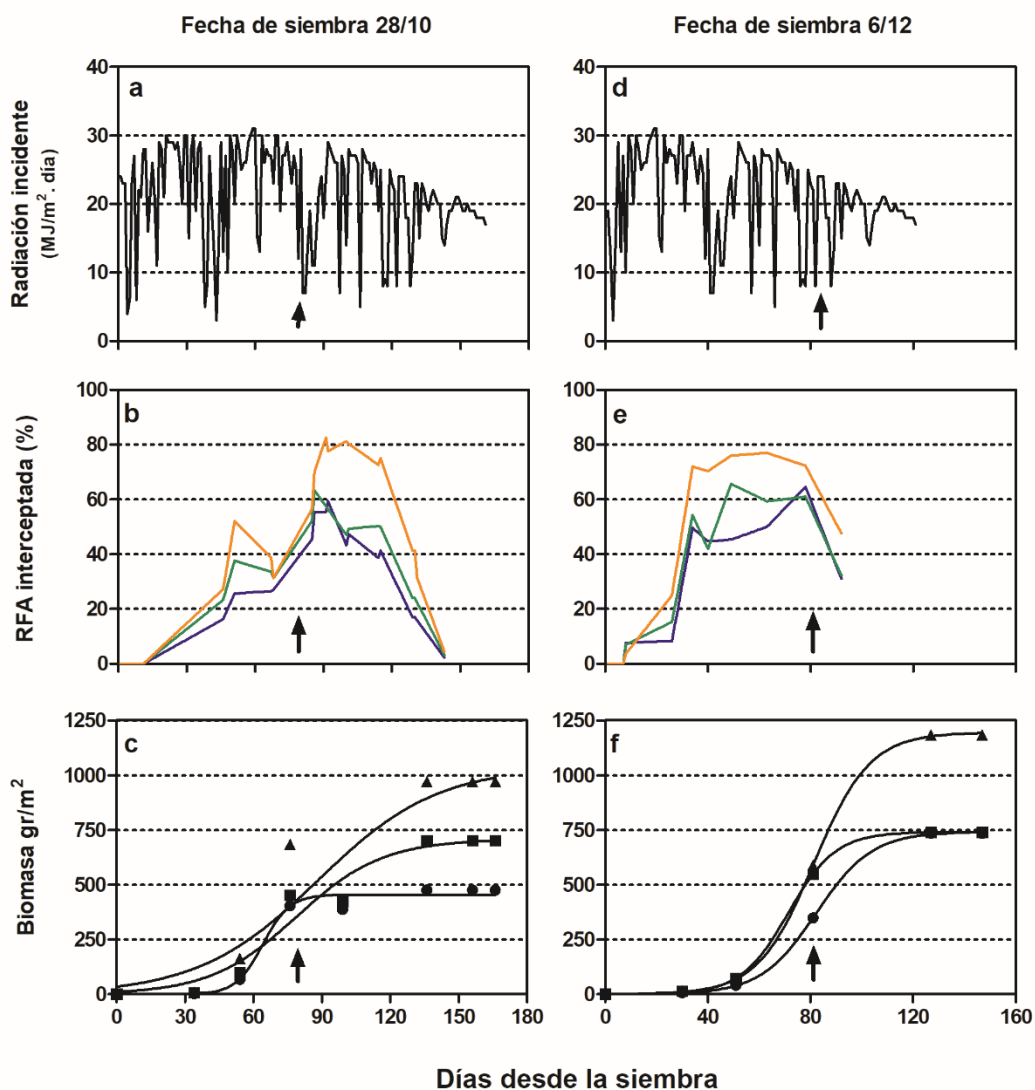


Figura 2. Radiación incidente (MJ/m². día), RFA interceptada (%) y Biomasa (gr/m²) en función de los días desde la siembra para dos fechas de siembra, 28/10 (a) y 6/12 (b). Los valores presentados corresponden al promedio de tres repeticiones. Referencias: \blacksquare y línea azul: 30000 pl/ha, \blacksquare y línea verde: 55000 pl/ha, \blacktriangle y línea naranja: 80000 pl/ha. La flecha negra indica el momento de ocurrencia de la floración.

Temperatura del aire durante la estación de crecimiento 2021/22

La temperatura media del aire en °C aumentó hasta aproximadamente los 80 días en la FS1, alcanzando valores máximos de poco más de 40°C alrededor de floración (figura 3 a). En cuanto a la FS2 se registró un aumento de la temperatura media en °C hasta alrededor de los 40 días, donde la temperatura máxima registró valores superiores a los 40°C (figura 3 b). Para ambas fechas de siembra, luego de alcanzar sus máximos valores, la temperatura media comenzó a disminuir conforme avanzó la estación de crecimiento del cultivo.

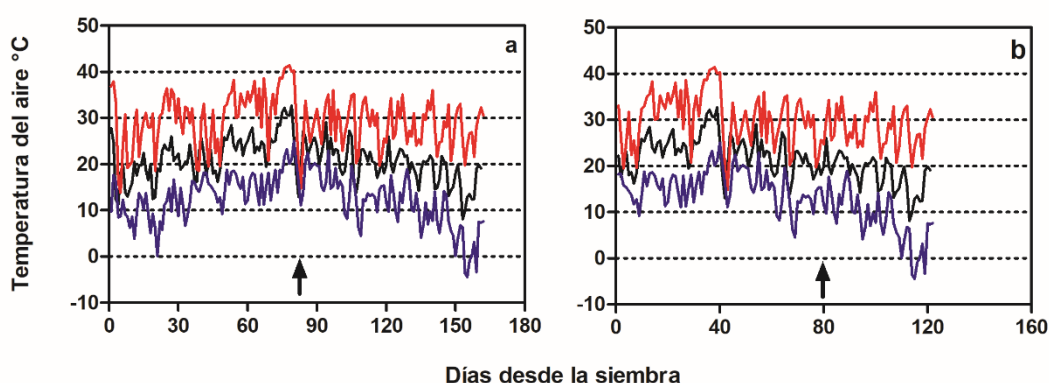


Figura 3. Temperatura del aire (°C) en función de los días desde la siembra para las fechas de siembra 28/10 (a) y 6/12 (b). Rojo: temp. Máxima; Negra: temp. Media; Azul: temp. Mínima. La flecha negra indica el momento de ocurrencia de la floración.

Discusión

El estudio de los componentes del rendimiento y ecofisiológicos del cultivo de maíz en la región semiárida de Argentina bajo el efecto combinatorio de fechas y densidades de siembra, hasta el momento era escaso. Este trabajo logró reunir información experimental en esta región bajo la combinación de estos efectos.

Atrasos en la fecha de siembra, generan un ambiente foto termal menos favorable para el cultivo durante el llenado del grano (Bonelli et. al. 2016) limitando el rendimiento potencial del maíz (Tollenaar and Lee, 2011). Sin embargo, en nuestro trabajo se observa que los mayores rendimientos dentro de cada densidad se encontraron en la FS2. Esto estaría asociado al momento de ocurrencia del marcado estrés térmico que sufrió el cultivo en ambas fechas de siembra. La FS1, atravesó el período crítico de floración con temperaturas muy elevadas (figura 3), ocasionando graves daños en la generación del rendimiento. En cambio, la FS2 transitó estas temperaturas durante el período vegetativo que si bien ocasionó daños en su follaje no habrían influido en la generación del rendimiento dado que la planta tuvo la capacidad de recuperarse. En

cuanto a la densidad de siembra, la D3 en ambas fechas de siembra, interceptó mayor cantidad de radiación alrededor de floración, generando una mayor tasa de crecimiento del cultivo (i.e: biomasa acumulada por unidad de tiempo) en comparación a las otras densidades (figura 2). Esto, podría explicar el mayor rendimiento en ambas fechas de siembra de la densidad más elevada según lo presentado por Muchow et al., 1990. Por su parte, la D1 no se diferenció significativamente en rendimiento de la D2 en ambas fechas de siembra, por lo que probablemente haya podido expresar una mayor tasa de crecimiento por planta generando mayor número de granos en la misma que la densidad intermedia (Andrade et al., 2002). La D1 en la FS1 tuvo una biomasa similar a la D3 alrededor del período de floración, momento en el cual el crecimiento del cultivo en la densidad más baja se detuvo. Esta situación sería producto de las altas temperaturas ambientales que atravesó el cultivo durante ese período (figura 3; anexo imagen 1 y 2). Experimentos a campo en maíz revelaron que las temperaturas superiores a 35 °C alrededor de la etapa reproductiva del cultivo causan efectos negativos sobre su crecimiento, mediados principalmente por cambios en la eficiencia para transformar la radiación interceptada en biomasa (Cicchino et al. 2010b; Rattalino Edreira y Otegui 2012). Del mismo modo, el número de granos/m² también se vió afectado por altas temperaturas en este período, coincidiendo con lo descrito por Maddoni y Navarrete Sanchez (2016), siendo la menor densidad de plantas la más afectada. Probablemente en esta densidad, la mayor distancia entre plantas haya influenciado en los resultados, dado que habrían estado más expuestas o menos protegidas frente al estrés. A su vez, fuertes vientos y baja humedad relativa durante el período estresante favoreció a una mayor evapotranspiración del cultivo. Por el contrario, la D3 al estar las plantas más cercanas entre ellas, habrían atravesado estas situaciones adversas de manera más favorable. Estas situaciones podrían explicar porque la D3 fue la que más rindió en un ambiente restrictivo de recursos.

Si bien retrasos en la fecha de siembra ubican al período crítico de floración en momentos de menor riesgo de estrés, llevan al cultivo a tener condiciones de crecimiento menos favorables durante el llenado del grano. De esta manera, se somete al cultivo a menores niveles de radiación y temperatura durante este periodo, en comparación con una siembra temprana. A su vez, expone al cultivo a la posibilidad de ocurrencias de heladas tempranas. Estas condiciones serían la causa de la disminución del peso de los granos hacia la FS2.

Conclusión

El rendimiento presentó interacción significativa con la FS y D. Esto fue asociado principalmente al número de granos/m². No se observó diferencia significativa entre la

densidad de 30000 pl/ha y 55000 pl/ha dentro de cada fecha de siembra. De acuerdo a estos hallazgos, los investigadores sostienen la importancia del atraso en la fecha de siembra en ambientes caracterizados por demandas evaporativas y deficiencias hídricas altas como los de Villa Mercedes. De esta manera, se logra ubicar el período crítico de floración en momentos de menor demanda hídrica ambiental. Adicionalmente, se destaca que la densidad de siembra es una práctica de manejo clave en maíz. Entender cómo se relaciona el cultivo en estos ambientes limitantes es de suma importancia para abordar criteriosamente la toma de decisiones. Finalmente, se debe tener en cuenta en este estudio, para la correcta interpretación de los resultados, no sólo lo atípico que fue la estación de crecimiento en cuanto a temperaturas muy elevadas del aire en momentos críticos para la determinación del rendimiento sino también la evaluación experimental de un año solo.

Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y a Sanchez Agronegocios por los insumos aportados al ensayo. A todo el personal de apoyo de la EEA San Luis que colaboró en la realización de este experimento.

Bibliografía

Andrade F.H., L. Echarte, R. Rizzalli, A. Della Maggiora., M. Casanovas. 2002. Kernel number prediction in maize under nitrogen or water stress. *Crop Science* 42: 1173-1179.

Andrade, F., Sadras, V. 2002. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja.

Barnabás, B., Jäger, K., Fehér, A. 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant, Cell & Environment*, 31(1), 11–38.

Barros, VA. 2008. Adaptation to climatic trends: lessons from the argentine experience. In: Leary N, Burton I, Adejuwon J, Barros V, Lasco R, Kulkarni JI (eds) *Climate change and adaptation*. Earthscan, London, pp 296–350.

Bonelli, L. 2013. Rendimiento potencial de maíz en Balcarce en función de la fecha de siembra y la duración del ciclo del híbrido. Tesis Magister Scientiae. Balcarce, Argentina: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata: 100 p.

Bonelli, L. E., Monzón, J. P., Cerrudo, A., Rizalli, R. H., Andrade, F. H. 2016. Maize grain yield components and source-sink relationship as affected by the delay in sowing date. *Field Crops Research*. 198:215-225. DOI: 10.1016/j.fcr.2016.09.003

Cicchino, M., Edreira, J. I. R., Uribelarrea, M., Otegui, M. E. 2010b. Heat Stress in FieldGrown Maize: Response of Physiological Determinants of Grain Yield. *Crop Science*, 50, 1438-1448.

Cirilo, A.G., Andrade, F.H. 1996. Sowing date and kernel weight in maize. *Crop Science*. 36(2):325–331. DOI: 10.2135/cropsci1996.0011183X003600020019x

Di Matteo JA., Ferreyra JM., Cerrudo AA., Echarte L., Andrade FH., 2016. Yield potential and yield stability of Argentine maize hybrids over 45 years of breeding. *Field Crops Research* 197, 107-116.

Gayo S., López M. 2018. Dinámica de los planteos de maíz en la Argentina: de dónde venimos y hacia dónde vamos. Congreso Maizar 2018. Buenos Aires, Argentina, May 22,2018.

http://agrolinux3.agrositio.com/maizar/congresomaizar/2018/presentaciones/competitividad/gayo_lopez.pdf

Maddoni, G., Navarrete Sánchez, R. 2016. Altas temperaturas y déficit hídrico en maíz: respuestas fisiológicas y estrategias de manejo del cultivo. Available in: <http://2016.congresoaaapresid.org.ar/wp-content/uploads/2016/08/Maddonni-Gustavo-acta.pdf> February 2018.

Maddoni, G.A. 2012. Analysis of the climatic constraints to maize production in the current agricultural region of Argentina—a probabilistic approach. *Theoretical and Applied Climatology*. 107(3-4):325-345.

Mayer, L.I., Rattalino Edreida, J.I., Maddoni, G. A. 2014. Oil yield components of maize crops exposed to heat stress during early and late grain-filling stages. *Crop Science* 54, 1- 15.

Mayer, L. I., Savín, R., Maddoni, G.A. 2016a. Heat Stress during Grain Filling Modified Kernel Protein Composition in Field-Grown Maize. *Crop Science*, 56 1-14.

Muchow, R. C., Sinclair, T. R., Bennett, J. M. 1990. Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations. *Agronomy journal*, 82(2), 338-343.

Satorre, E. H., Benech, R., Slafer, G. A., De la Fuente, E. B., Miralles, D. J., Otegui, M. E., Savin, R. 2003. Producción de granos: bases funcionales para su manejo. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Buenos Aires, Argentina.

Soriano, A. 1991. Río de la Plata grasslands. In: Coupland RT (ed) *Ecosystems of the world. Natural grasslands*. Elsevier Scientific, Amsterdam, pp 367–407.

Otegui, M. E., Riglos, M., Mercu, J. L. 2021. Genetically modified maize hybrids and delayed sowing reduced drought effects across a rainfall gradient in temperate Argentina. *Journal of Experimental Botany*, 72(14), 5180-5188.

Rattalino Edreira, J.I., Otegui, M.E. 2012. Heat stress in temperate and tropical maize hybrids: Differences in crop growth, biomass partitioning and reserves use. *Field Crops Research* 130, 87-98.

Rattalino Edreira J.I., Maddoni G.A., Otegui M.E. 2011. Golpe de calor y productividad en maíz: El ambiente y la genética. *Rev técnica los Prod en siembra directa* 1-7.

Tetio-Kagho, F., Gardner, F. P. 1988. Responses of maize to plant population density. II. Reproductive development, yield, and yield adjustments. *Agronomy Journal*, 80(6), 935-940.

Tollenaar, M., Lee, E. A. 2011. 2 strategies for enhancing grain yield in maize. *Plant breeding reviews*, 34(4), 37-82.

Anexo



Imagen 1: cultivo de maíz durante el período de estrés en la etapa reproductiva. Fecha de siembra 28/10/2021.



Imagen 2: cultivo de maíz durante el período de estrés en la etapa vegetativa. Fecha de siembra 6/12/2021.

El rendimiento promedio de maíz a nivel nacional se ha mantenido prácticamente invariable durante la última década (aprox. 6900 kg/ha). Sin embargo, la producción anual en Argentina creció de 23 a 60 millones de toneladas en el mismo período. Frente a esto, la correcta elección de la fecha y densidad de siembra cobra relativa importancia para la determinación del rendimiento en el cultivo de maíz.

En vista de lo anterior, el grupo de Producción Agrícola perteneciente a la EEA San Luis, condujo un ensayo de experimentación a campo para el cultivo de maíz.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto combinado de fechas y densidades de siembra sobre el rendimiento y sus componentes numéricos y ecofisiológicos del cultivo de maíz en una región semiárida.



Ministerio de Economía
Argentina

