

Información Técnica 200
ISSN 0327- 425XX/ Noviembre de 2023
"1983/2023 - 40 AÑOS DE DEMOCRACIA"

MAÍZ EN SAN LUIS: RELACIÓN FUENTE/DESTINO EN UNA REGIÓN SEMIÁRIDA

NICOLÁS E. RUSOCI; MAXIMILIANO RIGLOS



INTA // Ediciones

Autores:

Ing. Agr. MSc. Nicolás E. Rusoci
Grupo de Ecofisiología de Cultivos
EEA Pergamino

Contacto: rusoci.nicolas@inta.gob.ar

Ing. Agr. Dr. Maximiliano Riglos
Grupo de Producción Agrícola

EEA San Luis

Contacto: riglos.maximiliano@inta.gob.ar

Palabras claves: fuente, destino, fecha de siembra, vitrosidad, densidad, peso hectolitrico, dureza.

Maíz en San Luis: relación fuente/destino en una región semiárida.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue estimar la relación fuente/destino del cultivo de maíz durante el período de llenado de los granos de dos fechas de siembra en una región semiárida. A su vez, describir una potencial asociación entre esta relación y las características físicas del grano. Se definieron dos tratamientos en función de la fecha de siembra (FS) de un híbrido comercial de maíz semidentado, FS1: 28/10/2021, FS2: 6/12/2021; densidad de siembra: 55000 pl/ha. La fuente, el destino y la relación fuente/destino del cultivo durante el período de llenado del grano disminuyeron con el atraso en la fecha de siembra. Los valores más altos de fuente y destino se observaron en la primera fecha de siembra siendo de 1699.47 g m⁻² d⁻¹ y 1454.59 g m⁻² d⁻¹, respectivamente; mientras que los menores valores fueron 780.13 g m⁻² d⁻¹ y 1367.86 g m⁻² d⁻¹ respectivamente y se observaron en la segunda fecha de siembra. La relación fuente/destino durante el período de llenado del grano varió de 1.16 a 0.57 entre fechas de siembra. En este estudio se exploró el ambiente en el cual crece el cultivo a través de la estimación de la relación fuente/destino. Así mismo, se discutió su asociación e implicancias con las características físicas del grano de maíz.

Introducción

Recientemente se observaron cambios en la estructura del grano de maíz debido a las condiciones ambientales bajo las cuales crece el cultivo, similares a los observados entre genotipos (Cerrudo et al., 2017). Estas condiciones pueden caracterizarse por la relación entre la cantidad de asimilados generados por el cultivo durante el período de llenado del grano (fuente) y la demanda de asimilados por los granos determinados en el período de floración (destino) (relación fuente/destino; Cirilo et al., 2011; Cerrudo et al., 2013). Es de destacar que la relación fuente/destino es afectada por las prácticas de manejo del cultivo (Cirilo y Andrade, 1994; Bonelli et al., 2016).

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). Al mismo tiempo se prolonga el barbecho permitiendo alcanzar mayor acumulación de agua en el suelo a la siembra y al inicio de las etapas críticas (Mendez et al. 2016). En ambientes templados y fríos, cuando la fecha de siembra se retrasa, los períodos críticos para la fijación y el llenado del grano están sujetos a un deterioro progresivo de las condiciones de crecimiento (menor temperatura y radiación incidente) que se traducen en bajas relaciones fuente/destino (Bonelli et al., 2016). Estos cambios en el entorno del cultivo afectan la estructura del grano (Cirilo et al., 2011; Cerrudo et al., 2017).

En vista de lo anterior, el objetivo de este estudio fue estimar la relación fuente/destino del cultivo de maíz durante el período de llenado de los granos de dos fechas de siembra en una región semiárida. A su vez, describir una potencial asociación entre esta relación y las características físicas del grano.

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 partió de un ensayo previamente planteado para el análisis de otras variables (fechas de siembra x densidades) el cual constaba de un diseño completo de bloques al azar con tres repeticiones en parcelas divididas (la parcela principal fue la fecha de siembra y las subparcelas las densidades). Para el estudio analizado en este trabajo se plantearon dos tratamientos en función de la fecha de siembra (FS) 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; densidad de siembra: 55000 pl/ha. La parcela correspondiente a la FS midió 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 (sólo 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. Para ambas fechas de siembra se registraron las fechas de floración y madurez fisiológica donde al alcanzar esta última las parcelas fueron cosechadas.

Estimación de la relación fuente/destino del cultivo de maíz durante el período de llenado del grano

La relación fuente/destino durante el período de llenado de granos fue estimada para cada fecha de siembra. La "fuente" de asimilados durante el período de llenado de granos se determinó como el crecimiento potencial (i.e. máximo crecimiento que el cultivo podría alcanzar) del cultivo acumulado desde el final del período crítico de floración hasta la madurez fisiológica. El "destino" durante el período de llenado del grano se estimó como el crecimiento potencial del cultivo acumulado durante el período crítico de floración (Cerrudo et al., 2013). La relación fuente/destino durante el período de llenado de granos se calculó de acuerdo con Cerrudo (2018):

$$\frac{\text{Fuente}}{\text{Destino}} = \frac{\text{Crecimiento potencial acumulado entre } 250^{\circ}\text{Cd desde floración y madurez fisiológica}}{\text{Crecimiento potencial acumulado entre } -200^{\circ}\text{Cd y } 250^{\circ}\text{Cd desde floración}}$$

La fuente durante el período de llenado de grano se obtuvo de la integración de la tasa de crecimiento del cultivo diaria (TCC) potencial durante el período efectivo de llenado de grano para cada fecha de siembra. El destino durante el período de llenado del grano se obtuvo de la integración de la TCC potencial durante el período crítico de floración para cada fecha de siembra. La TCC se estimó de acuerdo con Monteith (1972) (ecuación 1), dependiendo de la radiación fotosintéticamente activa incidente diaria (PAR), la fracción de radiación interceptada (fi) y la eficiencia de uso de la radiación potencial (RUE; gramos de materia seca sobre el suelo por megajoule de PAR interceptada). La PAR incidente diaria se obtuvo multiplicando la radiación solar por 0.48 (Monteith, 1972). La temperatura máxima, la temperatura mínima y la PAR se obtuvieron a partir de los datos agrometeorológicos de la Estación Experimental Inta San Luis.

$$TCC(g\ m^{-2}\ d^{-1}) = PAR \times fi \times RUE \quad [\text{ec.1}]$$

La RUE potencial se estimó en función de la temperatura media diaria (T_{Media} ; Andrade *et al.*, 1993) siguiendo la ecuación 2. Las estimaciones de RUE se limitaron al rango de 6.7 °C a 22.2 °C como límites de temperatura inferior y superior respectivamente, de acuerdo con el rango de temperatura utilizado en el modelo para el cultivo de maíz CERES-Maíz (López-Cedrón *et al.*, 2005). Por lo tanto, para temperaturas medias diarias ≤ 6.7 °C o ≥ 22.2 °C se calcularon valores constantes de 0 y 4.2 g MJ⁻¹, respectivamente.

$$RUE(g MJ^{-1}) = 0.27 \times T_{Media} - 1.8 \quad [\text{ec.2}]$$

Las etapas fenológicas del cultivo se determinaron de acuerdo con Ritchie *et al.* (1989). La duración de las etapas fenológicas se expresó en unidades de tiempo térmico (grados días; °C d⁻¹). El tiempo térmico (TT) se calculó de la siguiente manera (ecuación 3) y se acumuló a través de las etapas fenológicas:

$$TT(^{\circ}C d^{-1}) = (T_{max} + T_{min}) / 2 - T_b \quad [\text{ec. 3}]$$

Los parámetros T_{max} y T_{min} son temperaturas máximas y mínimas diarias, respectivamente, y T_b es la temperatura base para el desarrollo ($T_b = 8^{\circ}C$).

Resultados

La fuente, el destino y la relación fuente/destino del cultivo de maíz durante el período de llenado del grano disminuyeron con el atraso en la fecha de siembra (figura 1). La fuente y la relación fuente/destino disminuyeron de manera más pronunciada con el retraso en la fecha de siembra, mientras que el destino lo hizo en menor proporción. Los valores más altos de fuente y destino se observaron en la primera fecha de siembra siendo de 1699.47 g m⁻² d⁻¹ y 1454.59 g m⁻² d⁻¹, respectivamente; mientras que los menores valores fueron 780.13 g m⁻² d⁻¹ y 1367.86 g m⁻² d⁻¹ respectivamente y se observaron en la segunda fecha de siembra. La relación fuente/destino durante el período de llenado del grano varió de 1.16 a 0.57 entre fechas de siembra.

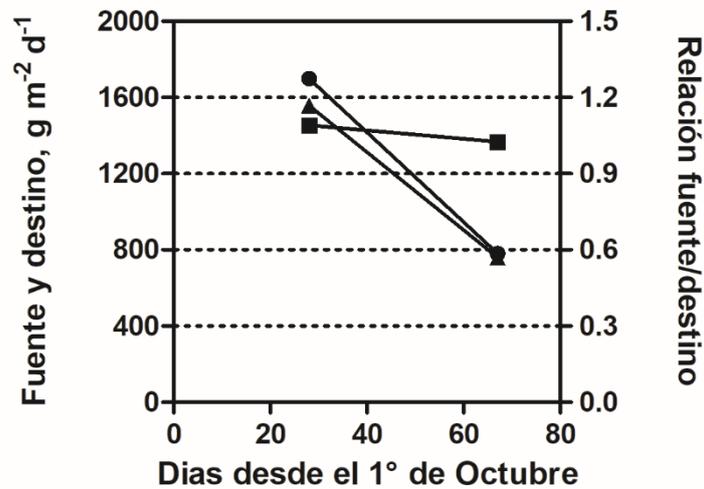


Figura 1. Fuente (círculos, ●), destino (cuadrados, ■) y relación fuente/destino (triángulos, ▲) del cultivo de maíz para dos fechas de siembra, en función de los días desde la siembra a partir del 1 de octubre. Ecuaciones: Fuente, $y = -23.57x + 2360$; Destino, $y = -2.224x + 1517$; Relación fuente/destino, $y = -0.0153x + 1.597$.

Consideraciones finales

Los menores valores observados de relación fuente/destino hacia la fecha de siembra tardía están dados por una menor tasa de crecimiento del cultivo durante el período de llenado de los granos, coincidiendo con lo presentado por Cirilo y Andrade (1994; 1996).

Cuando se retrasa la fecha de siembra, la duración del período efectivo del llenado del grano se ve acortado debido a que el cultivo es expuesto a temperaturas más bajas en comparación a siembras tempranas (Cirilo y Andrade, 1996). Por su parte, Uhart y Andrade (1991) hallaron que un stress durante el período de llenado de granos generó una reducción en la fuente de asimilados, disminuyendo la duración de este período. De este modo, cuando la fecha de siembra se retrasa, respecto a la fecha óptima de mayor rendimiento, el período de llenado del grano está sujeto a un deterioro progresivo de las condiciones fototérmicas (radiación y temperatura) para el crecimiento del cultivo (Bonelli, 2013; Bonelli et al., 2016). Esto, conduce a que la tasa de crecimiento del cultivo disminuya hacia finales de la estación de crecimiento, generando una disminución en la relación fuente/destino del cultivo durante el período de llenado del grano (Bonelli, 2013; Bonelli et al., 2016). Esta disminución en la relación fuente/destino durante este período generada por una menor oferta de radiación y temperatura para que el cultivo crezca y se desarrolle fueron asociadas con reducciones en las características físicas del grano de maíz tales como la relación de molienda, el peso hectolitrico, la densidad y vitrosidad (Cirilo et al., 2011; Cerrudo et al., 2017; Rusoci, 2021). De este modo, la disminución en la relación fuente/destino presentada en este trabajo en una región semiárida, podría

asociarse con variaciones en la estructura del grano de maíz. Esto, permitiría definir el uso/destino del grano de manera más eficiente. Recientemente, Rusoci (2021) estableció que el atraso en la fecha de siembra conduce a granos de maíz más degradables, asociado a la menor dureza de estos. Sus resultados, indican que el efecto de la fecha de siembra sobre la degradabilidad efectiva del almidón de maíz estaría mediado por el efecto de la relación fuente/destino durante el período de llenado del grano sobre las características físicas del grano. Estos resultados cobran relativa importancia dado el alto desarrollo de sistemas ganaderos de recría y engorde a corral presentes en la región semiárida central. A su vez, la dureza del endosperma de maíz es un atributo de calidad importante para varios procesadores de granos, especialmente para la industria de molienda en seco (Gerde et al., 2016).

Entender cómo se relaciona el cultivo con el ambiente en el cual crece y se desarrolla es de suma importancia para definir el destino de los granos y su mejor aprovechamiento.

Bibliografía

Andrade, F. H.; Uhart, S.A.; Cirilo, A. 1993. Temperature affects radiation use efficiency in maize. *Field Crops Research*. 32(1-2):17-25. DOI: [10.1016/03784290\(93\)90018-I](https://doi.org/10.1016/03784290(93)90018-I)

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.; Monzon, 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.2016.09.00](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.09.00)

Cerrudo, A.; Di Matteo, J.; Fernandez, E.; Robles, M.; Pico, L. O.; Andrade, F. H. 2013. Yield components of maize as affected by short shading periods and thinning. *Crop and Pasture Science*. 64(6):580-587. DOI: [10.1071/CP13201](https://doi.org/10.1071/CP13201)

Cerrudo, A.; Martínez, D.; Izquierdo, N. G.; Cirilo, A. G.; Laserna, M. P.; Reinoso, L.; Andrade, F. H. 2017. Environment, management, and genetic contributions to maize kernel hardness and grain yield. *Crop Science*. 57(5):2788-2798. DOI: [10.2135/cropsci2016.12.0997](https://doi.org/10.2135/cropsci2016.12.0997)

Cerrudo, A. 2018. Incidencia del ambiente y el tipo de híbrido en la composición y la dureza del grano de maíz. Tesis Doctoral. Balcarce, Argentina: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata: 87 p.

Cirilo, A.G.; Andrade, F. H. 1994. Sowing date and maize productivity: I. Crop growth and dry matter partitioning. *Crop Science*. 34(4):1039-1043. DOI: [10.2135/cropsci1994.0011183X003400040037x](https://doi.org/10.2135/cropsci1994.0011183X003400040037x)

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](https://doi.org/10.2135/cropsci1996.0011183X003600020019x)

Cirilo, A.G.; Actis, M.; Andrade, F. H.; Valentinuz, O. R. 2011. Crop management affects dry-milling quality of flint maize kernels. *Field Crops Research*. 122(2):140-150. DOI: [10.1016/j.fcr.2011.03.007](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.03.007)

Di Matteo, J.A.; Ferreyra, J.M.; Cerrudo, A.A.; Echarte, L.; Andrade, F.H. 2016. Yield potential and yield stability of Argentine maize hybrids over 45 years of breeding. *Field Crops Research* 197, 107-116.

Gerde, J. A.; Tamagno, S.; Di Paola, J. C.; Borrás, L. 2016. Genotype and nitrogen effects over corn kernel hardness and endosperm zein profiles. *Crop Sci*. 56, 1225-1233.

López-Cedrón, F. X.; Boote, K. J.; Ruíz-Nogueira, B.; Sau, F. 2005. Testing CERESMaize versions to estimate maize production in a cool environment. *European Journal of Agronomy*. 23(1):89-102. DOI: [10.1016/j.eja.2005.01.001](https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.01.001)

Maddonni, 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. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-011-0478-9>

Mendez, M.J.; Casagrande, G.; Vergara, G. 2016. Efecto del ENOS (El Niño Oscilación del Sur) sobre el agua almacenada en el suelo en siembras de primavera temprana de maíz en La Pampa. In: Vergara GT (ed) XVI Reunión Argentina y VIII Reunión Latinoamericana de Agrometeorología. Asociación Argentina de Agrometeorología, Puerto Madryn, Argentina, pp 15-16.

Monteith, J.L. 1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of Applied Ecology*. 9(3):747–766. DOI: [10.2307/2401901](https://doi.org/10.2307/2401901)

Ritchie, S.W.; Hanway, J.J.; Benson, G.O. 1989. How a Corn Plant Develops. Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service. Special Report no. 48. 21p.

Rusoci, N.E. 2021. Efecto de la fecha de siembra sobre la degradabilidad ruminal del almidón de maíz. Tesis de Maestría. Balcarce, Argentina: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata: 31 pp.

Uhart, S. A.; Andrade, F. H. 1991. Source-sink relationships in maize grown in a cool temperate area. *Agronomie, EDP Sciences*. 11(10):863-875. Recuperado de: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00885339/document>

El objetivo de este estudio fue estimar la relación fuente/destino del cultivo de maíz durante el período de llenado de los granos de dos fechas de siembra en una región semiárida. A su vez, describir posibles asociaciones entre esta relación y las características físicas del grano.



Ministerio de Economía
Argentina