



CUARTO CONGRESO INTERNACIONAL
CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO
DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

RASTROJO DE MAÍZ: PRODUCCIÓN TEÓRICA DE ETANOL LIGNOCELULÓSICO EN RELACIÓN A LA FECHA DE SIEMBRA

**Instituto de Investigación Agropecuaria,
Ambiente y Salud (IIPAAS)**

RASTROJO DE MAÍZ: PRODUCCIÓN TEÓRICA DE ETANOL LIGNOCELULÓSICO EN RELACIÓN A LA FECHA DE SIEMBRA

L.E. García Stepien, M. S. Borlandelli, D. O. Roldán, Y. M. Ibáñez

Instituto de Investigación Agropecuaria, Ambiente y Salud (IIPAAS)
iipaas@agrarias.unlz.edu.ar

RESUMEN

*El efecto de la fecha de siembra sobre el rendimiento y la calidad bioenergética del rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) es poco conocido. Este recurso está siendo reconsiderado debido a que no compite con los alimentos y tiene un bajo costo. El objetivo fue determinar el efecto de la fecha de siembra en la producción teórica de etanol del rastrojo en híbridos comerciales de maíz. Cuatro híbridos fueron evaluados en dos fechas de siembra en un diseño de bloques completos aleatorizados con arreglo factorial y tres repeticiones. Se analizaron variables de rendimiento y calidad bioenergética. Además, se determinaron mediante regresión lineal los perfiles verticales de distribución del rendimiento (tn/ha) y del rendimiento en etanol teórico potencial (L/ha), dividiendo al rastrojo en estratos de 20 cm desde la base al ápice. La fecha de siembra tardía fue superior a la temprana. Produjo un mayor rendimiento de rastrojo (11,32 vs. 9,37 tn/ha) y en etanol teórico potencial (3,78 vs. 2,47 mil L/ha). Hubo un aporte decreciente de cada estrato desde la base hasta el ápice de la planta. No obstante, la fecha de siembra tardía produjo mayor acumulación de biomasa por estrato, aportando mayor remanente al suelo ante una misma altura de corte.*

Palabras clave: bioetanol lignocelulósico, maíz, calidad bioenergética, fecha de siembra.

INTRODUCCIÓN

El potencial que posee el maíz (*Zea mays* L.) para la producción de bioetanol es indiscutible, siendo el componente granífero el más utilizado para la conversión en alcohol. No obstante, la biomasa lignocelulósica del resto de la planta (rastrajo) ha sido reconsiderada en los últimos años debido a que es un recurso altamente renovable, que no compite con la producción de alimentos. Poco se sabe de la aptitud bioenergética del rastrojo (caña + hojas) ya que por muchos años solo se lo consideró como un medio para maximizar el rendimiento de grano sin poner énfasis en la calidad nutricional y bioenergética de este recurso. No obstante, la cosecha indiscriminada del rastrojo reduce la cantidad de residuo que es devuelto al suelo, incrementando el riesgo de erosión hídrica y eólica. Por ello es de gran importancia conocer cuál es la producción de biomasa en los distintos ambientes (fecha de siembra) y cómo se ve afectada la devolución de residuo al suelo por efecto de diferentes alturas de corte. El objetivo del trabajo fue determinar el efecto ambiental ante cambios en la fecha de siembra en la producción teórica de etanol lignocelulósico a partir de rastrojo de híbridos comerciales de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cuatro híbridos simples comerciales de maíz fueron evaluados en dos fechas de siembra (14/10/2016 y 30/11/2016) en la localidad de Cañuelas, provincia de Buenos Aires. Los genotipos fueron: DUO 28 PW (Fornatec), ACA VG 48 RR2 (ACA), LG 30860 RR2 (Limagrain) y SRM 553 VT3PRO (Sursem). Estos se seleccionaron por presentar ciclo completo, con una madurez relativa promedio de 121 días, elevada producción de biomasa aérea y adaptación zonal. Se utilizó un diseño de bloques completos aleatorizados con arreglo factorial y tres repeticiones. La unidad experimental consistió en cuatro surcos de 5m, distanciados a 0,5m, obteniéndose una densidad a cosecha de 80 000 plantas/ha. La cosecha se realizó con una humedad de grano inferior a 20 %, se cortaron diez plantas a 5cm del suelo y se despojaron de sus espigas, para estimar el rendimiento en materia seca (RMS, tn/ha) del rastrojo. Luego se tomaron dos plantas al azar y se analizaron en forma completa (a) y otras cuatro fueron trozadas en estratos de 20 cm desde la base hacia el ápice, que fueron acondicionados y analizados individualmente (b). En el laboratorio se determinó el contenido de materia seca de cada muestra (a y b) mediante secado en estufa a 60 °C hasta peso constante, para poder calcular el rendimiento en materia seca (RMS, tn/ha) de la planta completa y de cada estrato. Posteriormente cada muestra fue molida a 1 mm y se estimó fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina detergente ácido (LDA), de cada muestra mediante espectroscopía infrarroja (NIRS). Con estos valores se pudo determinar el contenido de celulosa (FDA-LDA) y hemicelulosa (FDN-FDA), necesarios para poder calcular los valores de etanol teórico potencial (ETP, l/ha) mediante fórmula (citado por Zhao *et al.*, 2009) y así estimar el rendimiento en etanol teórico potencial (RETP, l/ha) del rastrojo. Fórmula de ETP (l/ha) =

[celulosa (%) + hemicelulosa (%)] * RMS (t/ha) * 1,11 (factor de conversión de celulosa y hemicelulosa en azúcar) * 0,85 (eficiencia del pasaje de celulosa y hemicelulosa a azúcar) * 0,51 (factor de conversión de azúcar en etanol) * 0,85 (eficiencia del pasaje de azúcar en etanol) * 1000/0,79 (peso específico del etanol, g/ml).

Se realizó un análisis de varianza de los factores fecha de siembra y genotipos, para las variables rendimiento en materia seca, rendimiento en etanol teórico, celulosa y hemicelulosa del rastrojo. Luego se utilizó análisis de regresión lineal para comparar la distribución espacial en altura del RMS (tn/ha) y del RETP (l/ha) de cada estrato, utilizando los valores promedios de los genotipos en las dos fechas de siembra. Se empleó un test de diferencias mínimas significativas (DMS) para la comparación de las medias. El objetivo de estos análisis fue comparar si existen efectos genéticos y ambientales para la producción de etanol lignocelulósico y lograr obtener un perfil vertical de distribución en la planta de maíz.

RESULTADOS

Al realizar el análisis de varianza, no se encontraron diferencias significativas entre los genotipos de maíz evaluados, pero sí entre ambas fechas de siembra. La fecha de siembra tardía produjo mayores valores de RETP (l/ha), no solo por haber producido un mayor rendimiento de biomasa aérea, sino también por un incremento en la producción de celulosa y hemicelulosa necesarias para la producción de bioetanol lignocelulósico. Este incremento se asocia a las condiciones de mayor temperatura (siembra temprana: 20,6 °C vs. tardía: 24,8 °C) a las que se vio sometido el cultivo en el período siembra-floración al retrasarse la fecha de siembra. En este período es cuando se determina la formación de la estructura vegetativa de la planta. La temperatura no solo aumentó la producción de biomasa aérea, sino que también incrementó la estructura de sostén celular para poder hacer frente a esa mayor masa.

Tabla 1. Valores promedio de cuatro híbridos de maíz en dos fechas de siembra para variables de Rendimiento y calidad bioenergética del rastrojo

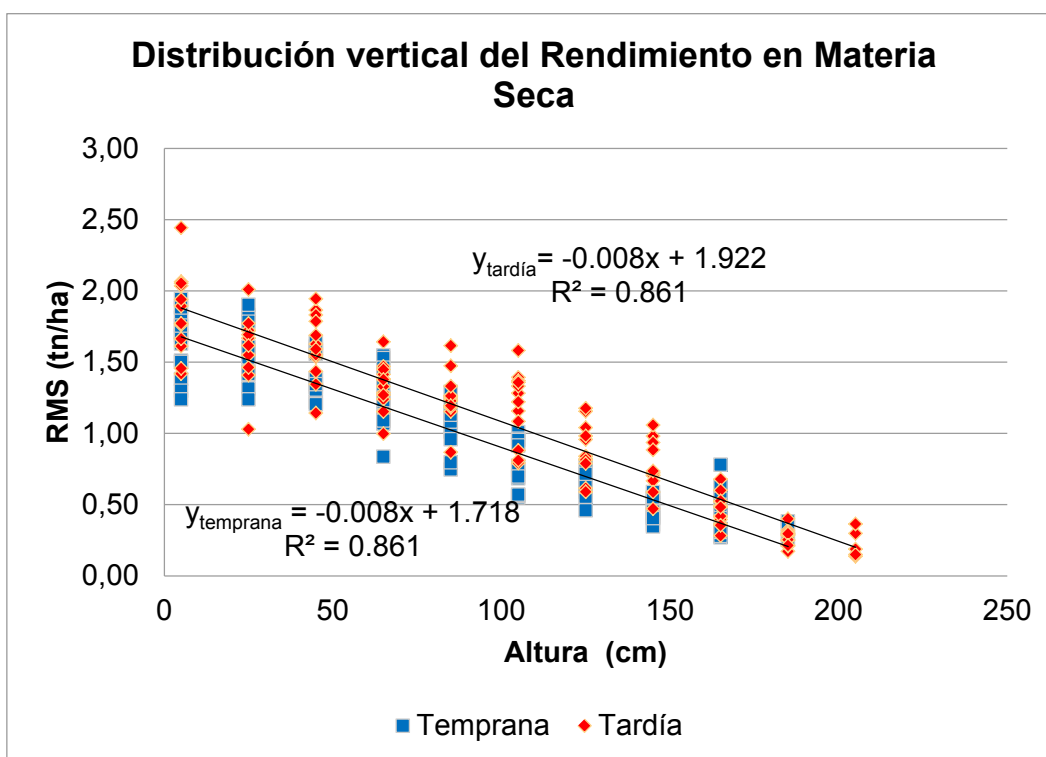
Fecha de siembra	RMS (tn/ha)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	RETP (mil l/ha)
Temprana	9,27 ± 0,27	B 26,45 ± 0,61	B 24,92 ± 1,07	B 2,47 ± 1,06
Tardía	11,32 ± 0,27	A 34,19 ± 1,00	A 30,65 ± 0,74	A 3,78 ± 0,79

Referencias: RMS (rendimiento en materia seca de rastrojo de maíz, tn/ha); celulosa (contenido de celulosa, %); hemicelulosa (contenido de hemicelulosa, %); RETP (rendimiento en etanol teórico potencial, mil l/ha). Letras iguales en las columnas indican grupos homogéneos

Al graficar ambas fechas de siembra con respecto a la distribución vertical del rendimiento (gráfico 1) y realizar un análisis de regresión lineal, se observó que no hubo diferencias apreciables entre ambas distribuciones. El aporte al RMS de cada estrato decreció desde la base hasta el ápice de la planta. No obstante, la fecha de siembra tardía produjo

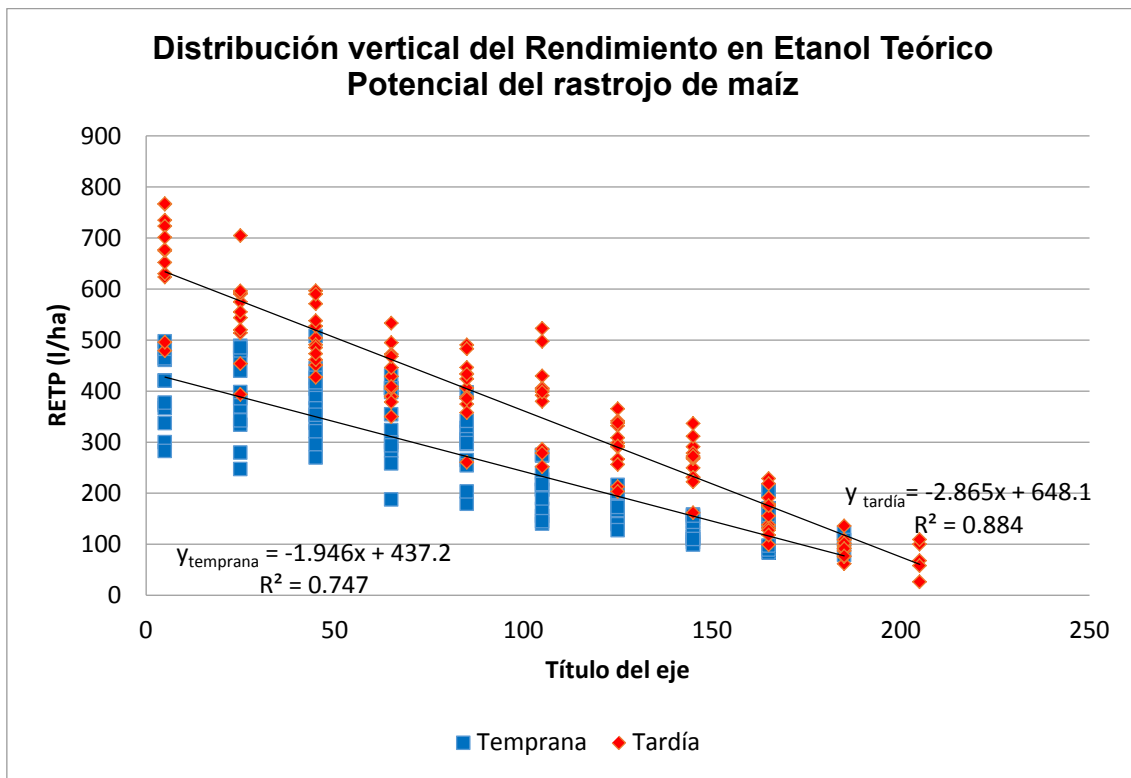
mayor acumulación de biomasa por estrato, debido posiblemente a un mayor diámetro de tallo y mayor expansión foliar. Esta mayor acumulación de biomasa sería beneficiosa para promover la cosecha de rastrojo en fechas de siembra tardías, ya que a una misma altura de corte, no solo se estaría retirando mayor cantidad de biomasa, sino que también se estaría dejando en el suelo mayor cantidad de material remanente para disminuir posibles efectos erosivos de esta práctica.

Gráfico 1. Distribución vertical del rendimiento en materia seca del rastrojo de maíz en dos fechas de siembra. La siembra temprana está representada por cuadrados azules (■) y la tardía por rombos rojos (◆)



La distribución vertical del rendimiento en etanol teórico potencial (gráfico 2) sigue un comportamiento similar al del RMS, siendo mayor en la base y disminuyendo hacia el ápice. Pudo apreciarse que el efecto ambiental promovió un incremento sustancial en la producción de etanol lignocelulósico por estrato y una disparidad más acentuada entre los estratos inferiores y los superiores de la planta. Esto pudo deberse a diversos efectos que produce esta práctica sobre la morfo-fisiología de la planta de maíz. Por un lado, las plantas sembradas en fecha tardía tuvieron un mayor crecimiento en alto, involucrando un mayor número de nudos y entrenudos más largos, los cuales disminuyeron drásticamente su peso en la sección apical, afectando de forma negativa el rendimiento de estos últimos estratos. Por otro lado, presentaron una mayor estructura de sostén en la base de la planta, y a su vez, estas fechas de siembra, están asociadas a una mayor translocación de hidratos de carbono a grano, por haber una menor oferta ambiental, lo cual también se traduce en un mayor contenido de celulosa y hemicelulosa, por ende mayor RETP.

Gráfico 2. Distribución vertical del rendimiento en etanol teórico potencial del rastrojo de maíz en dos fechas de siembra. La siembra temprana está representada por cuadrados azules (■) y la tardía por rombos rojos (◆)



CONCLUSIONES

Las fechas de siembra tardías serían más beneficiosas para el aprovechamiento del rastrojo de maíz con fines bioenergéticos, no solo por producir un mayor rendimiento de la biomasa aérea, sino por incrementar su calidad bioenergética y aportar mayor materia orgánica remanente al suelo ante una misma altura de corte.

BIBLIOGRAFÍA

ZHAO, Y. L.; DOLAT, A.; STEINBERGER, Y.; WANG, X.; OSMAN, A. y XIE, G. H. (2009). "Biomass Yield and Changes in Chemical Composition of Sweet Sorghum Cultivars Grown for Biofuel". *Field Crops Research*, vol. 111, pp. 55-64.