

# Efectos de la cosecha de rastrojo y la labranza en la respuesta del maíz a la dosis de fertilización de N y su eficiencia de uso

José L. Pantoja<sup>1\*</sup>, John E. Sawyer<sup>2</sup>, Daniel W. Barker<sup>2</sup>, Krishna P. Woli<sup>2</sup> and Mahdi Al-Kaisi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> AGNLatam S.A., Ibarra, Ecuador. \* Autor correspondiente: [joseluispantoja@gmail.com](mailto:joseluispantoja@gmail.com)

<sup>2</sup> Departamento de Agronomía, Universidad Estatal de Iowa, Ames, IA, USA.



## INTRODUCCIÓN

El uso de la biomasa —como el rastrojo del maíz (*Zea mays* L.)— para producir etanol a partir de la celulosa vegetal se ha convertido en una alternativa viable alrededor del mundo y ha resultado en un incremento en la demanda de rastrojo. Sin embargo, prácticas de manejo como la cosecha de rastrojo (CR) y el sistema de labranza (SL) podrían tener impactos diferentes en la protección superficial y la calidad del suelo, el ciclo de nutrientes, y el crecimiento y producción sostenible de cultivos. Con el tiempo, estos impactos podrían afectar la disponibilidad de nutrientes para el cultivo y la dosis óptima de fertilización.

## OBJETIVO

Determinar los efectos de la CR y el SL en la producción de maíz, la respuesta a la dosis de fertilización de N (FN), la dosis óptima de N (DON), y la eficiencia en el uso de N (EUN) en un sistema de producción continua de maíz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Dos sitios se establecieron en el invierno 2008 en dos estaciones experimentales de la Universidad Estatal de Iowa (ISU), USA, y se mantuvieron por tres años. Los sitios seleccionados fueron Ames y Lewis, cada uno con suelo, condiciones de drenaje y climas propios. En Ames el suelo es franco-arcilloso y con pobres condiciones de drenaje, mientras que en Lewis es franco-arenoso con buen drenaje (Tabla 1). La temperatura media y la precipitación total se calcularon a partir de los datos climáticos recolectados por las estaciones climatológicas localizadas en cada sitio experimental.

Los tratamientos se establecieron en un diseño de parcelas divididas e incluyeron dos SL (con arado de cincel y cero labranza) como parcela principal, tres niveles de CR (sin, parcial y completa) como sub-parcela, y seis dosis de N (0 a 280 kg N ha<sup>-1</sup> en incrementos de 56 kg) como sub-sub-parcela (tres réplicas por sitio).

La CR se efectuó luego de la cosecha del grano al inicio del invierno mediante rastrillado y embalaje, y luego se realizó la labranza en las parcelas asignadas. Al inicio de la primavera, dos a tres semanas después de la siembra, se aplicó el N mediante inyección al suelo de una solución de urea y nitrato de amonio. El suelo se muestreo antes de la siembra y seis semanas después de la siembra en las parcelas que no recibieron N, y después de la cosecha en las parcelas que recibieron 0, 168 y 280 kg N ha<sup>-1</sup> para determinar el NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N residual. Un sensor de biomasa vegetal (Crop Circle ACS-210, Holland Scientific, Lincoln NE) se utilizó para evaluar el índice vegetativo de diferencia normalizada (NDVI) en V10, y así estimar la deficiencia de N en la biomasa. La DON y la producción con la DON (PDON) se determinaron con modelos matemáticos ( $P < 0.01$ ) mediante una relación de precio de 0.0056 US\$ kg<sup>-1</sup> N : US\$ Mg<sup>-1</sup>. Para determinar la EUN se evaluaron los índices o indicadores vegetativos: Índice de cosecha de grano, índice de N en grano cosechado, factor de productividad de grano por la dosis de N, factor de productividad de biomasa por la dosis de N, eficiencia agronómica del grano por la dosis de N, eficiencia agronómica de la biomasa por la dosis de N, eficiencia interna de la planta con respecto al N y la eficiencia del sistema para producir grano por la dosis de N.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la investigación la temperatura varió de 1 a 3 °C en comparación con los datos históricos de Iowa; sin embargo, los tres años de evaluación tuvieron más precipitación que el promedio histórico, lo que pudo afectar la disponibilidad del N en el suelo y la respuesta del cultivo a la fertilización (Fig. 2).

El NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N del perfil del suelo tuvo un pequeño incremento entre la siembra y seis semanas después de la siembra en las parcelas sin FN; pero fue igual con todos los niveles de CR después de la cosecha, y fue más afectado por la dosis de N y la profundidad de muestreo (Fig. 3). Los valores del NDVI fueron mayores con la CR parcial y completa y con labranza de cincel, en comparación con los sistemas sin CR y cero labranza (Fig. 4). Esto indica que la labranza y la CR crean condiciones de suelo que resultan en un incremento de la biomasa en las etapas iniciales de crecimiento del maíz.

La labranza, la CR y la FN resultaron en incrementos en la producción de grano de maíz. Estos incrementos disminuyeron a medida que la FN se acercó a la dosis máxima (respuesta de tipo cuadrática-platea). La producción de grano fue 9% (0.8 Mg ha<sup>-1</sup>) mayor con labranza de cincel que con cero labranza (Fig. 5). En la DON, la producción de grano fue similar para todos los niveles de CR en el sistema con labranza de cincel, pero fue 6% (0.6 Mg ha<sup>-1</sup>) mayor con la CR parcial y completa en cero labranza. La DON fue similar en los dos SL para cada nivel de CR, pero fue 9 y 18% menor (22 y 45 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente) con la CR parcial y completa que en el sistema sin CR. En el corto plazo parece ser que la labranza y la CR incrementan la producción de grano y reducen la DON. Aunque aquí no se presentan los resultados de los índices vegetativos, el nivel de CR tuvo poco efecto en la EUN; sin embargo, al incrementar la dosis de N la EUN disminuyó.

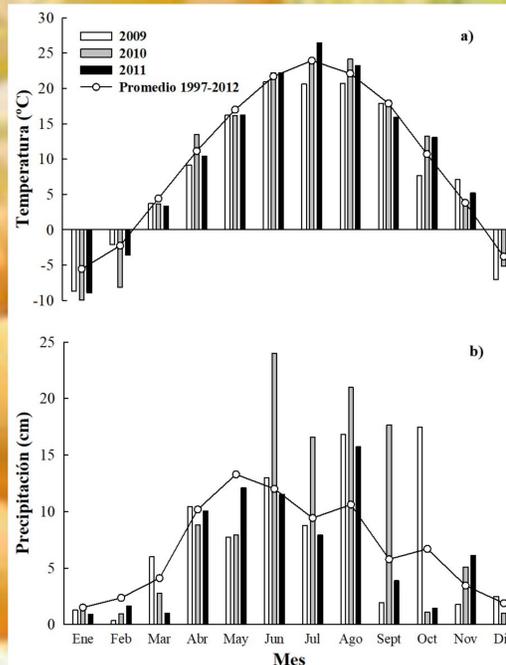


Fig. 2. Temperatura media (a) y precipitación total (b) promedio por mes.

Tabla 1. Condiciones iniciales del suelo en los sitios experimentales. Invierno 2008.

Sitio	pH	0 to 0.15 m			0 to 0.9 m	
		MO <sup>†</sup>	P <sup>‡</sup>	K <sup>‡</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	
		g kg <sup>-1</sup>			mg kg <sup>-1</sup>	
Ames	7.2	51	9	117	2.4	
Lewis	6.9	41	24	123	5.3	

<sup>†</sup> MO, materia orgánica.

<sup>‡</sup> Concentración de P y K con el método Mehlich-3.

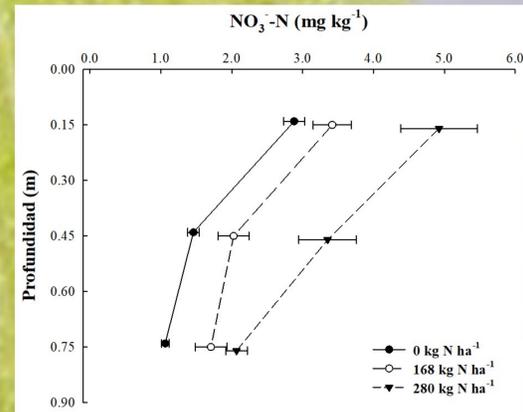


Fig. 3. Concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N después de la cosecha del maíz.

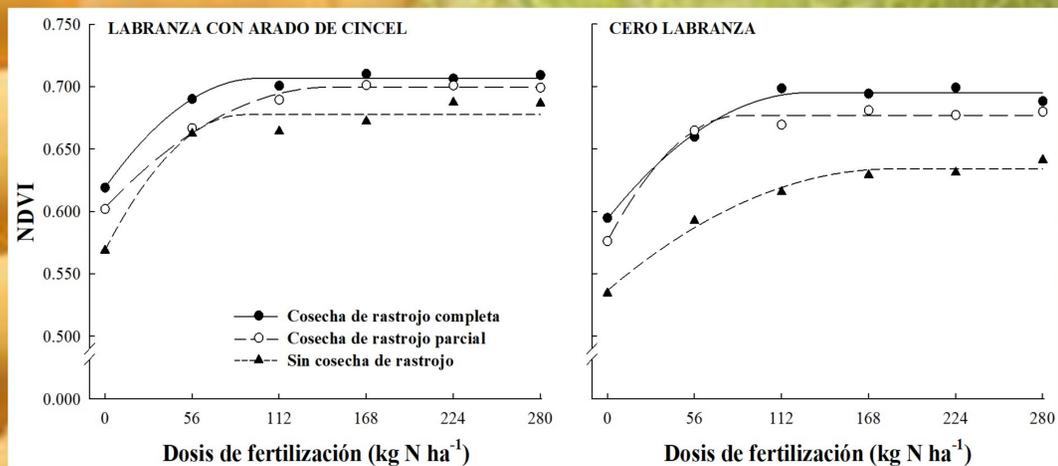


Fig. 4. Respuesta del índice vegetativo de diferencia normalizada (NDVI) de maíz al sistema de labranza, nivel de cosecha de rastrojo y dosis de fertilización con N en el estado vegetativo V10.

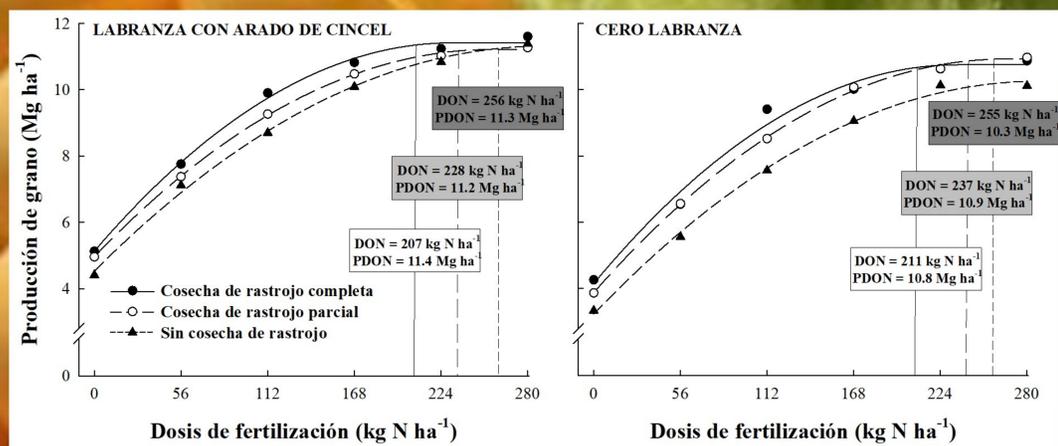


Fig. 5. Respuesta de la producción de grano de maíz al sistema de labranza, nivel de cosecha de rastrojo y dosis de fertilización con N. En cada sistema se incluye la dosis óptima de N (DON) y la producción con la DON (PDON).

## CONCLUSIONES

El SL y la CR tuvieron poco impacto en el NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N del perfil del suelo y en la EUN del maíz, y solo la FN resultó en más NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N residual. El NDVI indicó que la labranza y la CR crearon mejores condiciones de suelo para el crecimiento del cultivo. La cero labranza no afectó la DON pero resultó en menor producción que la labranza de cincel. En el corto plazo de esta investigación la CR resultó en menor DON y mayor producción, en especial con cero labranza. La menor DON que se consigue con la CR en un sistema de producción continua de maíz debe tomarse en cuenta al realizar programas de fertilización del cultivo. Sin embargo, el nivel de CR y la DON deben determinarse de forma específica para cada sistema (ej., por tipo de suelo y de labranza) en el largo plazo debido al potencial efecto negativo de la CR en la calidad del suelo y en el ambiente.

## ARTÍCULOS PUBLICADOS

Sawyer, J.E., K.P. Woli, D.W. Barker, J.L. Pantoja. 2017. Stover removal impact on corn plant biomass, nitrogen, and use efficiency. *Agron. J.* 109(3):802–810.

Pantoja, J.L., K.P. Woli, J.E. Sawyer, D.W. Barker, and M. Al-Kaisi. 2015. Stover harvest and tillage system effects on corn response to fertilizer nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 79(4):1249–1260.

## AGRADECIMIENTO

Este proyecto se financió gracias al Departamento de Asistencia Financiera de ISU. Se agradece también al personal de las estaciones de investigación de ISU por su valioso apoyo en las actividades de campo.



Fig. 1. Tratamientos de sistema de labranza y cosecha de rastrojo.