

Relación entre sistemas de labranza y resistencia a la penetración en el rendimiento de maíz (*zea mays*)

Relationship between tillage systems and resistance to penetration in the yield of corn (*zea mays*)

Juan Antonio López-López^{1*}, Gilbert Fresh López-López¹, Martín Cadena-Zapata¹, Marco Antonio Reynolds-Chávez², Genaro Demuner-Molina¹ y Federico Vega-Sotelo³

¹Departamento de Maquinaria Agrícola, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923.

Buenavista, CP 25315. Saltillo, Coahuila, México. ²Campo Experimental Cotaxtla-CIRGOC-INIFAP, Km 34, Carretera Veracruz-Córdoba, Medellín de Bravo, Veracruz.

³Departamento de Riego y Drenaje, Campus Torreón, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, Torreón, Coahuila. Correo electrónico: juan.alopezl@uaaan.edu.mx (*Autor responsable)

RESUMEN

El estudio se realizó en el rancho El Buitre de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en San Pedro, Coahuila, que forma parte de la región Comarca Lagunera. En él se estableció un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones, en un cultivo de maíz para forraje híbrido AN447; se utilizó una sembradora unitaria calibrada para una densidad de siembra de 105,000 plantas ha⁻¹, con el propósito de conocer la influencia de resistencia a la penetración (RP) en el rendimiento a partir de los sistemas de labranza establecidos. Los tratamientos fueron tres, más el testigo: tratamiento testigo, labranza convencional (LC), T1- labranza convencional en camas (LC_c), T2- labranza mínima en camas (LM_c) y T3- cero labranza en camas (CL_c). Para el registro y toma de datos de RP se utilizó un penetrómetro de cono digital-manual de la marca Fields-Cout SC 900, de la compañía Spectrum Technologies con el que se realizaron mediciones a profundidades de 0-0.20 m. El análisis de varianza arrojó que en 0.05, 0.10 y 0.15 m no hubo diferencia significativa, mientras que en profundidad de 0.20 m sí existió significancia, por lo que se tomaron los datos en los sistemas de labranza a 0.20 m. Se encontraron agrupaciones de LM_c y CL_c con RP de 3906 y 2702 kPa, y CL_c, LC y LC_c con 2702, 1877 y 1257 kPa. En este trabajo, entre los sistemas de labranza, se obtuvo el mejor tratamiento con LC_c y RP, el cual además presentó el mayor rendimiento para forraje: 68350 kgha⁻¹.

Palabras clave: rendimiento de maíz, resistencia a la penetración, sistemas de labranza.

ABSTRACT

The study was carried out at the El Buitre ranch of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, in San Pedro, Coahuila, which is part of the Comarca Lagunera region. A randomized block design with three replications was established in a maize crop for hybrid AN447 forage, using a unit seeder calibrated for a sowing density of 105,000 plants ha⁻¹ in order to know the influence of resistance to penetration (RP) in the yield in relation to the established tillage systems, the treatments were three plus the control described below: control treatment conventional tillage (LC), T1- conventional tillage in beds (LC_c), T2- minimum tillage in beds (LM_c), and T3- zero bed tillage (CL_c). For the recording and data collection of RP, a digital-manual cone penetrometer of the FIELDS-COUT SC 900 brand from the company Spectrum Technologies was used, where measurements were made at depths of 0 - 0.20 m. The analysis of variance shows that in 0.05, 0.10 and 0.15 m there is no significant difference, while in depth of 0.20 m there is significance, therefore, for the study the data were taken in the tillage systems at 0.20m. Finding clusters of LM_c and CL_c with RP of 3906 and 2702 kPa and CL_c, LC and LC_c with 2702, 1877 and 1257 kPa. Having the best treatment for this LC_c work between tillage and RP systems in addition to presenting the highest yield 68350 kgha⁻¹ for forage.

Keywords: corn yield, penetration resistance, tillage systems.

INTRODUCCIÓN

Para asegurar un buen crecimiento y funcionamiento de las raíces, es necesario que el suelo provea una adecuada capacidad de almacenaje de agua y aire, y además una resistencia o densidad apropiada. Valores de resistencia mecánica (RM) inferiores a 1.5 MPa no son convenientes para un adecuado desarrollo radicular. Cuando la RM es mayor a 2.0 MPa se afecta el crecimiento de las raíces y el abastecimiento de agua y nutrientes (Gupta y Allmaras, 1987). Por su parte, Riedel *et al.* (2004) mencionan que, en la mayor parte de las especies cultivadas, el crecimiento de raíces se ve afectado cuando la resistencia a la penetración (RP) es

mayor a 1.4 MPa. Duiker (2013) confirma que las raíces en un suelo se reducen linealmente con el aumento de la RP, hasta que se llega a una resistencia de 2.07 MPa (300 psi), donde casi ninguna raíz puede penetrar.

La resistencia a la penetración por la presencia de capas compactas y/o baja porosidad, es un buen índice para evaluar problemas de restricción en el desarrollo radical de las raíces de los cultivos. Conocer las capas compactadas a diferentes profundidades, es de vital importancia, ya que el desarrollo radicular se ve afectado significativamente a los 2 MPa (Taylor & Gardner (1963); Atwell (1993); Silva & Kay (1996); Raper *et al.* (2005); Otto *et al.* (2011). Según Álvarez *et al.* (2009), los cambios de RP no se mantienen de un año a otro, lo cual se puede atribuir

a efectos naturales, mayor vulnerabilidad mecánica en la que se deja el suelo descompactado frente al tránsito de maquinaria. Por lo anterior, se tienen que evaluar los sistemas de labranza para analizar qué efectos tiene la resistencia a la penetración, con lo cual se pueda mejorar el rendimiento de los cultivos y contribuir a la conservación del suelo (Jabro *et al.*, 2021). El objetivo de este trabajo es conocer la influencia de la RP en el rendimiento y la relación que existe entre las variables mencionadas para contribuir a mejorar la producción agrícola y reducir el impacto a la erosión del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el rancho el Buitre de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila, el cual forma parte de la región conocida como Comarca Lagunera, ubicada geográficamente entre 25° 49 52" N y 103° 06 59" O, a 1120 msnm. El 23 de julio de 2020 se estableció un diseño experimental bloques al azar con tres repeticiones en un cultivo de maíz híbrido AN447, para lo que se utilizó una sembradora unitaria calibrada para una densidad de siembra de 105,000 plantas por ha, para forraje. La siembra se realizó con el propósito de conocer la influencia de resistencia a la penetración en el rendimiento y la relación que existe entre dichas variables, para lo cual se establecieron tres tratamientos, más el testigo, los cuales se describen a continuación: tratamiento testigo, labranza convencional (LC); tratamiento 1, labranza convencional en camas (LC_c); tratamiento 2, labranza mínima en camas (LM_c) y tratamiento 3, cero labranza en camas (CL_c).

Para el registro y toma de datos se utilizó un penetrómetro de cono digital-manual de la marca Fields-Cout



Figura 1. Penetrómetro digital sónico FIELDS-COUT SC 900.

SC 900, de la compañía Spectrum Technologies (Figura 1), con el cual se realizaron mediciones a profundidades de 0-0.20 m mediante un sensor sónico; el valor resultante de índice de cono se almacena en el equipo, se descargó en la computadora para su análisis, y finalmente se despliega en la unidad de kPa (kilo Pascales).

Los datos de resistencia a la penetración y rendimiento se sometieron al análisis de variancia y de acuerdo con los resultados comparados por la prueba de Tukey $p \leq 0.05$, en el software gratuito lenguaje R.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el experimento, se realizó el muestreo de tres puntos por repetición, a profundidades de 0-0.20 m y se tomaron lecturas a cada 0.05 m. Como resultado del análisis de la medición, al realizar análisis de varianza se detectó que no hubo significancia en profundidades de 0.05, 0.10 y 0.15 m, mientras que en la de 0.20 m se encontró diferencia significativa.

En el Cuadro 1 se muestra el resultado de la comparación de los tratamientos (sistemas de labranza) respecto a los kPa obtenidos para una profundidad de 0.20 m. También se aprecia que la labranza convencional, esto es testigo y cama son estadísticamente iguales, mientras que los de RP tienen los valores menores.

En relación con las profundidades iniciales en rangos de 0-0.20 m, se encontraron valores de la resistencia a la penetración bajos, lo cual puede explicarse por la rotación de las capas superiores durante la labranza; resultados semejantes encontraron Souza *et al.* (2014).

En la Figura 2 se muestra gráficamente el comportamiento de la resistencia a la penetración ejercida en cada sistema de labranza.

Cuadro 1. Análisis de resistencia a la penetración.

Tratamiento	RP (kPa)	Grupo
T2	3,906	a
T3	2,702	ab
Testigo	1,877	b
T1	1,257	b

Valores seguidos por la misma letra son estadísticamente iguales, Tukey ($P \leq 0.05$).

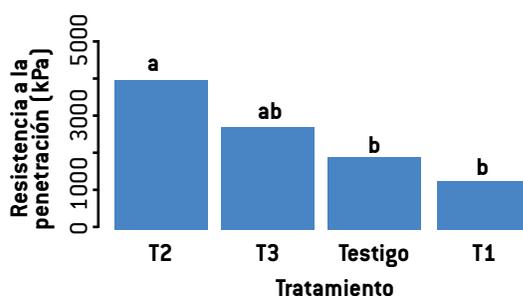


Figura 2. Comportamiento de la resistencia a la penetración en cada sistema de labranza.

T3	T2	T1	Testigo
Cero labranza en cama	Labranza mínima en cama	Lab. convencional en cama	Lab. conv.
69,000 kg/ha	64,500 kg/ha	70,900 kg/ha	57,300 kg/ha

T2	T3	Testigo	T1
Labranza mínima en cama	Cero labranza	Lab. conv.	Lab. convencional en cama
48,300 kg/ha	65,000 kg/ha	61,400 kg/ha	65,800 kg/ha

Figura 3. Resultados del rendimiento en cada sistema de labranza.

En la Figura 3 se presenta el resultado de rendimiento de las muestras obtenidas y la distribución de los tratamientos, dichas muestras se obtuvieron en una superficie de un metro cuadrado en la parte central de la parcela.

El Cuadro 2 muestra el resultado de la comparación de los tratamientos (sistemas de labranza) respecto a los kg ha^{-1} obtenidos; y se observa que el tratamiento de labranza convencional en cama es mejor al resto, pero estadísticamente igual al tratamiento de labranza cero y al testigo.

En la Figura 4 se muestra gráficamente el comportamiento de las medias del rendimiento en cada sistema de labranza. En la relación que existe entre ambas variables se menciona que el rendimiento del tratamiento de la labranza convencional en cama (T1) fue de $68,350 \text{ kg ha}^{-1}$, y ese mismo tratamiento, para la variable de resistencia a la penetración, tuvo el valor menor de 1,257 kPa.

Para este caso existe una relación entre el valor de RP y el rendimiento para este experimento. Vaca *et al.*

(2014) mencionan que, en el periodo de su estudio, la adopción del sistema de labranza cero para el cultivo de maíz no representó ventajas en cuanto al rendimiento y remediación de la compactación del suelo, en comparación con los sistemas de labranza mínima y tradicional.

CONCLUSIONES

El menor resultado de resistencia a la penetración se obtuvo utilizando la labranza convencional en cama, con valor de 1,257 kPa, el cual es estadísticamente igual que el testigo, en el que se obtuvieron valores de 1,877 kPa.

El valor más alto que se obtuvo en el experimento respecto al rendimiento fue en labranza convencional en cama, con valor de $68,350 \text{ kg ha}^{-1}$. Con este resultado se muestra que existe un efecto de la resistencia a la penetración al rendimiento, ya que en ese tratamiento se obtuvo la resistencia menor y el rendimiento mayor.

Cuadro 2. Análisis de rendimiento del maíz.

Tratamiento	Rendimiento kg/ha	Grupo
T1	68,350	a
T3	67,300	ab
Testigo	59,350	ab
T2	56,400	b

Valores seguidos por la misma letra son estadísticamente iguales, Tukey ($P \leq 0.05$).

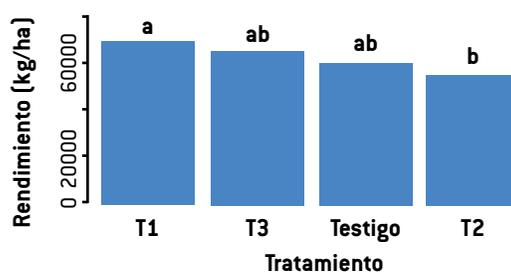


Figura 4. Comportamiento del rendimiento en cada sistema de labranza.

Se continuará trabajando en este experimento para tener mayores datos de referencia en el mediano plazo y poder determinar si existe una correlación entre las variables.

LITERATURA CITADA

- ÁLVAREZ, R. C., Torres, D. M., Chamorro, R. E., D'ambrosio, D. y Taboada, A. M. 2009. Descompactación de suelos franco-limosos en siembra directa: efectos sobre las propiedades edáficas y los cultivos. *Ciencias del suelo*, Argentina. 27(2): 159-169.
- ATWELL, B. J. 1993. RESPONSE OF ROOTS TO MECHANICAL IMPEDANCE. *Environmental and Experimental Botany*. 33(1): 27-40.
- DUIKER, W. (2013). "DIAGNOSING SOIL COMPACTATION USING A Penetrometer (soil compactation tester)". "Penn State Extension, College of Agricultural Science". USA.
- GUPTA, S. C., y Allmaras, R. R. (1987). Models to assess the susceptibility of soils to excessive compaction. In *Advances in Soil Science* (pp. 65-100). Springer, New York, NY.
- JABRO D. J., Stevens B. W., Iversen M. W., Sainju M. U. y Allen L. B. 2021. Soil cone index and bulk density of a sandy loam under no-till and conventional tillage in a corn – soybean rotation. *Soil and Tillage Research*. 206(1): 1-7.
- RAPER, R. L., E. B. Schwab, K. S. Balkcom, C. H. Burmester and D. Reeves W. 2005a. Effect of annual, biennial, and triennial in-row subsoiling on soil compaction and cotton yield in southeastern U.S. silt loam soil. *Applied Engineering in Agriculture*. 21(3): 337-343.
- RIEDEL, W., Pikul J., Osborne, S. y Schumacher, T. 2004. "Soil/Water Research". South Dakota University. "2004 Progress Report". USA: Agricultural Experiment Station, Plant Science Department.
- SILVA, A. P. and D. Kay B. 1996. The sensitivity of shoot growth of corn to the least limiting water range of soils. *Plant and Soil*. 184(2): 323-329.
- SOUZA, E., Patrocínio-Filho, A.P., Pimenta, W.A., Nagahama, H., & Cortez, J.W. 2014. Resistência Mecânica do Solo à Penetração em Função da sua Umidade e do Tipo de Penetrômetro. *Revista Engenharia na Agricultura - REVENG*, 22(2), 67-76.
- TAYLOR, H. M. and R. Gardner H. 1963. Penetration of cotton seedling taproots as influenced by bulk density, moisture content and strength of soil. *Soil Science*. 96(3): 153-156.
- VACA G., V. M., Martínez V., J. J., González, H. A., Morales, R. E. J., Zamudio, G. B., y Gutiérrez, R. F. 2014. Comparación de un vertisol bajo tres sistemas de labranza en maíz (*Zea mays L.*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5(8): 1495-1507.