

# Resistencia a la penetración en un suelo franco arcilloso a dos años de manejo con tres sistemas de labranza

## *Resistance penetration in a Clay Loam soil after two years of management with three tillage systems*

M.C. Genaro Demuner Molina, Dr. Martin Cadena Zapata, Dr. Santos Gabriel Campos Magaña

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

### RESUMEN

Se evaluó la resistencia a la penetración de un suelo franco arcilloso al final de dos años de manejo utilizando labranza convencional (LC), labranza vertical (LV) y cero labranza (NL) con avena forrajera (*avena sativa*). El experimento se condujo desde agosto 2010 hasta junio 2012. La resistencia a la penetración se determinó mediante un penetrómetro manual de cono de la marca FIELDSCOUT SC 900; se realizaron lecturas al iniciar el experimento para ver las condiciones de la parcela debido a que no se había trabajado en varios años. Se encontraron valores iniciales para la resistencia a la penetración de 3 768,50 kPa y una densidad aparente de 1,28 g·cm<sup>-3</sup>. Para el proceso de los datos finales se utilizó el programa estadístico R 2.9.0 con un diseño de bloques al azar y el paquete GS+ 5.1 para generar mapas de diagnóstico. El resultado obtenido en el ANOVA para 'f' fue de 0,6020 para tratamientos de labranza y un valor en las medias de 1500,10 para LC; 1 532,50 para LV y 1 718,60 para NL en una profundidad de 0 a 30 cm, no mostrando diferencia significativa con respecto a tratamientos. La densidad aparente obtenida al final fue de 1,20 g·cm<sup>-3</sup> para LC; 1,22 g·cm<sup>-3</sup> para LV y 1,15 g·cm<sup>-3</sup> para NL. Los sistemas de labranza no muestran cambios con respecto a la fuerza aplicada al suelo para su fallo ya que esta acción está íntegramente relacionada con la densidad aparente y la humedad del suelo.

**Palabras clave:** Mapas de diagnóstico, compactación del suelo, fallo del suelo, humedad del suelo

### ABSTRACT

To develop this study, the resistance penetration in a clay loam soil was evaluated, after two years of management using conventional tillage (CT), vertical tillage (VT) and non-tillage (NT) with oat. The experiment took place from August 2010 to June 2012. The resistance penetration was determined through a manual cone penetrometer of the brand FIELDSCOUT SC 900; samples were taken at the beginning of the experiment to know the conditions of the plot because it had not been worked for several years, the baseline for the resistance penetration was 3 768,50 kPa and a bulk density of 1,28 g·cm<sup>-3</sup>. For the final data analysis the statistical software R 2.9.0 was used with a random block design and the package GS+ 5.1 to generate the diagnostic maps. The obtained results in the ANOVA for the 'f value' was 0,6020 for the tillage treatments and an average value of 1 500,10 for CT; 1 532,50 for VT and 1 718,60 for NT in a depth from 0 to 30 centimeters, without significant difference between treatments. The bulk density obtained at the end of the study, was of 1,20 g·cm<sup>-3</sup> for CT; 1,22 g·cm<sup>-3</sup> for VT and 1,15 g·cm<sup>-3</sup> for NT. The tillage systems do not show changes according to the applied force to the soil at the moment of fail, because it is entirely related with the bulk density and the soil moisture.

**Keywords:** Diagnostic maps, soil compaction, soil failure, soil moisture

### INTRODUCCIÓN

La compactación en los suelos agrícolas es un problema que conlleva a la utilización de energía en las labores, alto consumo de recursos y la degradación del suelo haciendo que se pierdan sus propiedades y así mismo obteniéndose

bajas tasas de rendimiento en la producción. La compactación del suelo ocurre cuando se aplica presión o carga a la superficie del mismo, como resultado de pisoteo de animales, personas y la inadecuada utilización de equipos como tractores especialmente cuando el suelo está húmedo (Bassuk

y Whitlow, 1987). La compactación causa cambios en las propiedades físicas del suelo, aumentando la resistencia a la penetración, la densidad aparente y reduciendo la porosidad (Patterson, 1977).

Por lo tanto la agricultura avanzada comúnmente conocida como agricultura de precisión se enfoca al uso de la tecnología de la información para adecuar el manejo de suelos y cultivos a la variabilidad presente dentro de una superficie destinada a la siembra, involucrando el uso de sistemas de posicionamiento global (GPS) y de otros medios electrónicos para obtener datos en tiempo real de los cultivos y las labores de preparación; misma información obtenida puede usarse para implementar planes de manejo de la variabilidad tanto del suelo como de los cultivos durante y después de la cosecha. La agricultura de precisión es uno de los cambios tecnológicos más importantes que ha vivido la agricultura en los últimos años (Bongiovanni, 2002).

Para cuestiones de estudio en la compactación del suelo De León *et al.*, (1998), señalan que el penetrómetro es una de las herramientas más utilizadas en estudios de la calidad física del suelo. Los mapas de diagnóstico aluden en general al análisis que se realiza para determinar cualquier situación y cuáles son las tendencias de comportamiento para el uso y preparación del terreno (Liengsakul *et al.*, 1993). El objetivo de este trabajo fue comparar los datos iniciales de resistencia a la penetración en campo obtenidos antes de la preparación del sitio experimental y ver como se ha comportado a lo largo de dos años de manejo con la utilización de tres sistemas de labranza.

## MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en el campo experimental localizado dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Las características iniciales del sitio experimental son: suelo franco arcilloso, densidad aparente de  $1,28 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  y una resistencia a la penetración de  $3\,768,50 \text{ kPa}$ , después de la toma de datos iniciales se realizó un blanqueo general del campo realizando un sub-soleo con cinceles y un paso de rastra. El manejo del suelo con los sistemas de labranza se comenzó a realizar desde noviembre 2010 y se finalizó en junio 2012 utilizando un cultivo de avena forrajera (*avena sativa*), al finalizar cada ciclo de cultivo, los residuos de cosecha se volvían a reincorporar durante la preparación. La superficie total del campo experimental fue de  $7\,500 \text{ m}^2$  la cual se dividió en nueve sub-parcelas de  $480 \text{ m}^2$  cada una; tres para labranza convencional (LC), tres para labranza vertical (LV) y tres para cero labranza (NL). La toma de datos se realizó utilizando un penetrómetro de cono digital-manual de la marca FIELDS-COUT SC 900 de la compañía Spectrum Technologies<sup>1</sup>, Inc., fabricado en Estados Unidos (Figura 1) midiendo la resistencia del suelo en una profundidad de 0 a 30 centímetros en cada parcela de labranza, se realizó un mapa de diagnóstico para compactación utilizando el software GS+ versión 5.1<sup>2</sup>. Para el análisis estadístico se utilizó un diseño de bloques al azar y el software R 2.9.0 de la compañía R Foundation for Statistical Computing<sup>2</sup>, el cual es de libre distribución.



FIGURA 1. Penetrómetro digital FIELDSCOUT SC 900.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra el análisis de varianza realizado a los datos obtenidos en campo y en el cual no se observa que exista diferencia significativa entre tratamientos de labranza durante el tiempo que se realizó el manejo.

**TABLA 1. Análisis de varianza para la variable resistencia a la penetración**

	Media de cuadrados	F valor	Pr (>F)
Repeticiones	893 842	0,9675	0,5349
Tratamiento	556 149	0,6020	0,5503
Residuales	923 901		

La Tabla 2 muestra las medias originales de los tratamientos (sistemas de labranza) con respecto a los kPa aplicados a cada uno; indicando de ese modo que a pesar de dos años de manejo no se han dado problemas de compactación.

**TABLA 2. kPa aplicados con respecto a tratamientos de labranza utilizados**

Tratamientos (labranzas)	Medias (kPa)
T3 (NL)	1 718,6
T2 (LV)	1 532,5
T1 (LC)	1 500,1

Esto concuerda con Vazquez *et al.*, (1991), en el cuál evalúan la compactación en suelos arenosos utilizando cero labranza, labranza convencional, cero labranza con subsuelo y labranza convencional con subsolado en surcos durante un periodo de ocho años en un cultivo de avena (*avena sativa L.*), encontrado que la compactación se genera en un periodo a largo plazo en las zonas de tráfico continuo de la maquinaria, mostrando mayor compactación en la cero labranza a diferentes estratos.

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

Así mismo Unger y Jones (1997), realizan una evaluación a largo plazo en un cultivo de cereales con labranza convencional dejando los residuos de cosecha y labranza cero, encontrando

que la resistencia a la penetración se ve afectada por la densidad aparente del suelo (Tabla 3) y el contenido de humedad existente en el mismo (Tabla 4), encontrándose bajas tasas de resistencia en la capa arable del suelo que van de los primeros 0-10 cm y posteriormente aumentando conforme se incrementa la profundidad.

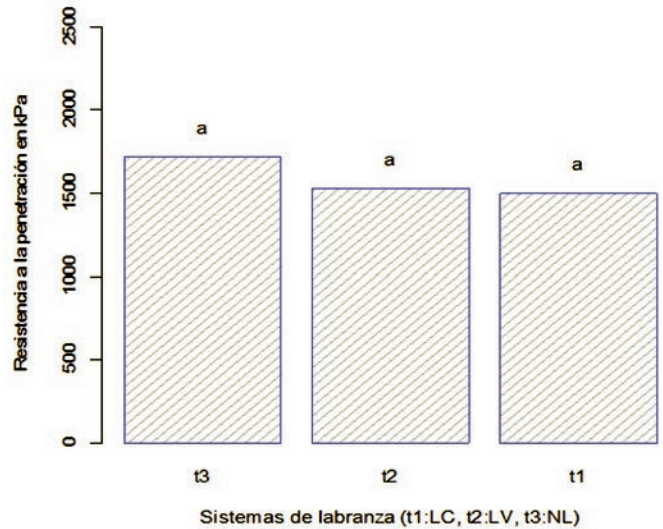


FIGURA 2. Gráfica de labranzas con respecto a resistencia a la penetración.

A continuación se muestra el mapa generado (Figura 3) con los datos obtenidos en campo procesados en el software GS+ versión 5.1. En el mapa se pueden apreciar por zonas definidas a diferentes tonos de coloración la presión requerida en kPa para poder romper una capa de 30 cm de profundidad; además se muestra el mismo mapa en tres dimensiones.

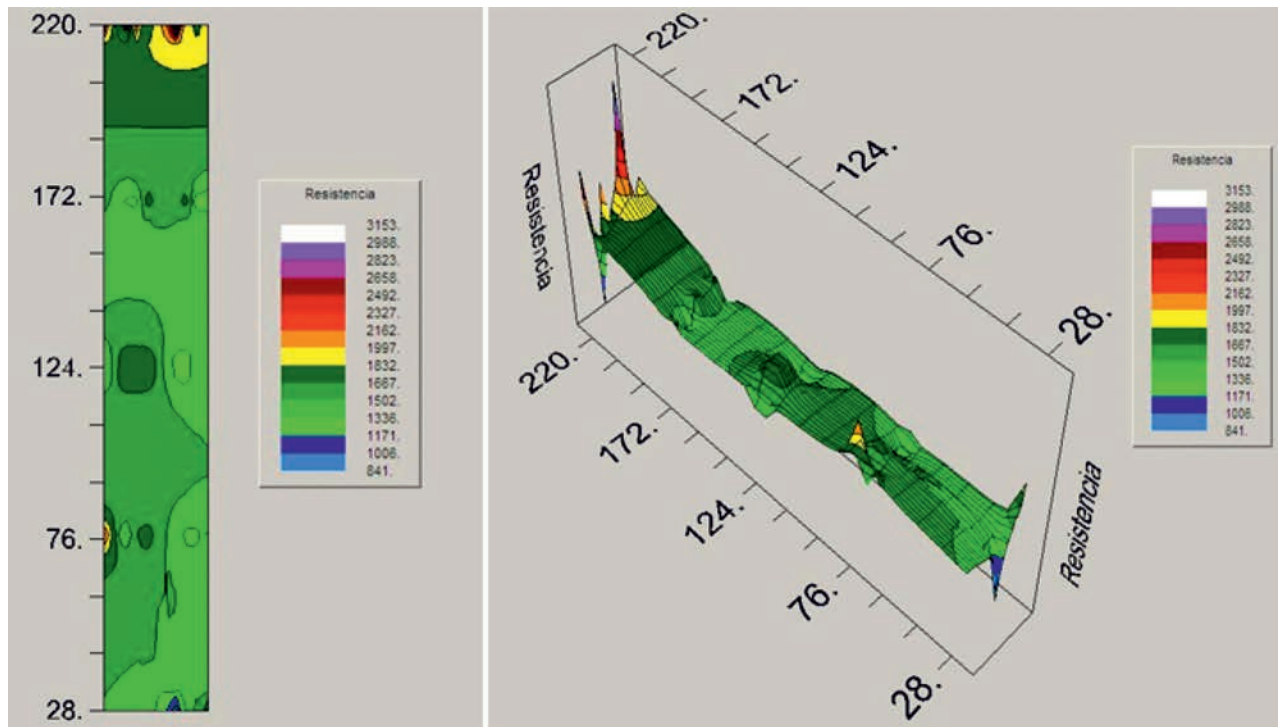


FIGURA 3. Mapa de parcela para resistencia a la penetración.

**TABLA 3. Densidad aparente por labranzas a dos años de manejo**

Sistema de labranza	Densidad aparente (g·cm <sup>-3</sup> )
Convencional	1,20
Vertical	1,22
Cero	1,15

**TABLA 4. Humedad media del suelo a dos años de manejo**

Sistema de labranza	Medias (humedad volumétrica) %
Convencional	15,53
Vertical	16,40
Cero	21,32

## CONCLUSIONES

- A dos años de manejo del experimento no se han presentado problemas de compactación, tal como se menciona en la literatura se requiere de un largo plazo y un excesivo tránsito de maquinaria para poder observar diferencias entre superficies con problemas de compactación.
- Los mapas de diagnóstico previos a la labranza y posteriores a la cosecha son de gran utilidad desde el punto de vista de reducción de costos especialmente a la hora de preparación

ya que se requiere una alta cantidad de energía para mover el suelo y estos mapas nos brindan información para definir que tipo de manejo podemos darle al suelo sin necesidad de realizar preparaciones innecesarias en campo.

- El cambio de densidad aparente está en función de la humedad disponible en el suelo por lo que se puede decir que la cero labranza está reteniendo un contenido de humedad mayor en comparación con los otros sistemas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BASSUK, N. & T. WHITLOW: *Environmental stress in street trees*, pp. 49-57, The scientific management of vegetation in the urban environment, Wageningen Netherlands, 1987.
2. BONGIOVANNI, R.: *A spatial econometric approach to the economics of site-specific nitrogen management in corn production*, 306pp., PhD. **Thesis. Agricultural economics**, Purdue University, USA, 2002.
3. DE LEÓN GONZÁLEZ, F., F. PAYÁN ZELAYA y S. SÁNCHEZ: "Localización de capas compactadas en el perfil del suelo mediante Penetrometría", *Revista Terra*, 16(4): 303-307, 1998.
4. LIENSAKUL, M., S. MEKPAIBOONWATANA, P. PRAMOJANEE, K. BRONSVELD & H. HUIZING: "Use of GIS and remote sensing for soil mapping and for locating new sites for permanent cropland – A case study in the "highlands of northern Thailand", *Geoderma*, 60: 1-4. 1993.
5. PATTERSON, J.: "Soil compaction-effects on urban vegetation". *Journal of Arboriculture* 3: 161-167. 1977.
6. UNGER, P. W., and O. R. JONES: "Long-term tillage and cropping systems affect bulk density and penetration resistance of soil cropped to dryland wheat and grain sorghum". *Soil and tillage research*, 45: 39-57. 1997.
7. VAZQUEZ, L., D. L. MYHRE, E. A. HANLON and R. N. GALLAHER: "Soil penetrometer resistance and bulk density relationships after long-term no tillage". *Communications in soil science and plant analysis*, 22: 2101-2117. 1991.

**Recibido:** 27 de julio de 2013.

**Aprobado:** 10 de septiembre de 2013.

Genaro Demuner Molina, Profesor, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, C.P. 25315, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. División de Ingeniería, Departamento de Maquinaria Agrícola. Tels. 52+ 01-844-4110323 y 52+ 01-844-4110224. Correo electrónico: [gdemuner@gmail.com](mailto:gdemuner@gmail.com)

Nota: La mención de las marcas comerciales tanto del equipo y de los paquetes utilizados obedecen únicamente a propósitos de identificación, para cual no existe ningún compromiso promocional con los autores.