

Efecto de tres sistemas de labranza con el uso de un mejorador en la retención de humedad del suelo en un cultivo de avena (*avena sativa* sp)

Effect of three tillage systems with the use of a breeder in the water retention of the soil under a crop of oats (*avena sativa* sp)



Bersain Vázquez-López*, Martín Cadena-Zapata¹, Alejandro Zermeño-González¹, Santos Gabriel Campos-Magaña¹ y Félix de Jesús Sánchez-Pérez¹

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315, Saltillo, Coahuila, México.
E-mail: vazquez.bersain@hotmail.com [*Autor responsable]

RESUMEN

Se evaluó el efecto de tres sistemas de labranza: labranza cero (NL), vertical (LV) y convencional (LC), y un mejorador orgánico (algaenzimas) en un suelo franco-arcilloso para determinar la retención de humedad y el rendimiento de avena forrajera (*avena sativa*). El experimento se estableció bajo un arreglo experimental de diseño completamente al azar con arreglo en parcelas divididas y subdivididas con tres repeticiones. La humedad del suelo se determinó con una sonda TDR FIELDSCOUT 300, en estratos de 7.6, 12 y 20 cm. En los resultados de retención de humedad se observó diferencia significativa entre las labranzas. En los tres estratos superficiales (7.6, 12 y 20 cm), la NL tuvo mayor contenido de humedad en comparación a la LV y LC. A profundidad de 20 cm, la NL=38.12%, LV= 32.10% y LC= 26.62% de humedad. En volumen de raíz y resistencia a la penetración no se tuvo diferencia significativa. En el rendimiento no se encontró diferencia significativa, ya que estadísticamente fueron iguales. El mejorador de suelo incidió en la retención de humedad del suelo. Los sistemas de labranzas, debido a la modificación de las propiedades físicas, impactaron de manera muy significativa en la retención de humedad del suelo.

Palabras clave: labranza, mejorador, retención de humedad, densidad aparente, porosidad

ABSTRACT

The effect of three tillage systems: zero-tillage (NL), vertical (LV) and conventional (LC), and an organic breeder (algaenzimas) in a clay-loam soil to determine the moisture retention and performance of forage oats (*avena sativa*). The experiment was established under a completely randomized design experimental arrangement in accordance with plots divided and subdivided with three replications. The soil moisture was determined with a TDR FIELDSCOUT 300 probe, in strata of 7.6, 12 and 20 cm. Results of moisture retention showed significant differences between the ploughings. In the three superficial layers (7.6, 12-20 cm), the NL had higher moisture content compared to the LV and LC. At depth of 20 cm, the NL=38.12%, LV = 32.10% and LC = 26.62% humidity. Volume of root and penetration resistance had no significant difference. The performance difference was not found significant between treatments, since they were statistically equal. The soil improver, played a role in soil moisture retention. Filesystems ploughings, due to modification of physical properties, impacted significantly on the soil moisture retention.

Key words: tillage, breeder, retention of moisture, bulk density, porosity

INTRODUCCIÓN

La labranza influye en la conservación del suelo pues tiene efecto en sus propiedades químicas, biológicas y físicas. En el caso de las físicas, como la estructura, densidad aparente, compactación, porosidad, infiltración, entre otras, constituyen una parte de los indicadores del suelo y son de importancia en el desarrollo del cultivo.

La labranza o laboreo del suelo, que se realiza antes de la siembra para facilitar la germinación de las semillas, y el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas cultivadas, consiste en la remoción de su capa vegetal. Esta actividad también permite el control de malezas y con ella se busca mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (FAO, 2013).

El incremento de la población mundial ha provocado una gran demanda de alimentos, lo que a su vez ha propiciado que se intensifique el laboreo del suelo. Esta práctica ha traído como resultado la compactación del suelo y la afectación, en forma drástica, de sus propiedades físicas, en particular en el almacenamiento y suministro de agua. A consecuencia del aumento de la densidad aparente y disminución de la porosidad se incrementa la resistencia del suelo, lo que disminuye la infiltración y la capacidad de retención de agua, y reduce la eficiencia de los fertilizantes y el rendimiento de los cultivos (Hamsa y Anderson, 2005).

Para evitar la degradación del suelo, el laboreo debe realizarse de manera adecuada, de lo contrario se presenta su degradación, lo que genera que la productividad del cultivo se vea afectada negativamente. Algunos investigadores señalan que el método de labranza escogido debe ser capaz de ajustarse ampliamente al sistema de manejo del suelo y desarrollo radicular de los cultivos, pensando siempre en conservar efectivamente los recursos suelo y agua (Brown *et al.*, 1985; Harman *et al.*, 1989; Bravo, 1993; Bravo, 1995).

La tendencia actual en el laboreo de los suelos debe ser hacia el uso de sistemas de labranza que permitan un ahorro de energía y propicien un deterioro mínimo de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Figueroa y Ventura, 1990).

En la actualidad, para que haya menor deterioro de la estructura del suelo y mayor rendimiento en la producción, se han diseñado implementos agrícolas más adecuados, a la vez que nuevas técnicas agrícolas.

En los sistemas de labranza donde se perturba el suelo, se consiguen generalmente mejores propieda-

des físicas: mayor macroporosidad y conductividad hidráulica y menor densidad aparente. Sin embargo, el efecto de la labranza sobre dichos parámetros puede ser transitorio, ya que, por impacto de las gotas de lluvia, el suelo puede recompactarse y disminuir la macroporosidad, lo cual tiene una influencia muy fuerte sobre el comportamiento del agua del suelo (Adeoye, 1982).

La labranza de conservación como cero labranza o labranza reducida, son una opción viable para la agricultura desde el punto de vista de la productividad (Van den Putte *et al.*, 2010). Las actividades agrícolas consumen gran cantidad de agua, por lo que en algunas regiones donde es escasa se requieren soluciones prácticas e innovadoras para su captación y manejo (Santos-Pereira *et al.*, 2009).

Para mantener la seguridad alimentaria, los sistemas agrícolas deben ser transformados para aumentar su capacidad productiva en forma sostenible, para lo cual existe una constante búsqueda de prácticas o tecnologías adecuadas de conservación del suelo, agua y energía.

La labranza cero y vertical son las técnicas conservacionistas más utilizadas y difundidas, por lo que es necesario validar sus ventajas en cuanto a la retención de humedad, que es lo que permite un aumento entre la relación rendimiento-agua durante el ciclo del cultivo (Hook y Gascho, 1998).

El laboreo mecánico del suelo en cualquiera de sus formas, no siempre funciona como se espera (Conant *et al.*, 2007). Su aplicación excesiva puede provocar deformaciones de la estructura, compactación de las capas sub-superficiales, por consiguiente, cambios en la disponibilidad de humedad en la zona radicular de las plantas cultivadas (González *et al.*, 2004).

La constante investigación para trabajar el suelo, conjuntamente con el empleo de nuevas técnicas agrícolas, ha permitido el diseño de implementos agrícolas para lograr menor deterioro de la estructura y obtener mayor rendimiento en la producción.

En los últimos 15 años, las necesidades de energía en la agricultura han crecido rápidamente. En general, se necesita más energía, y en determinadas épocas del año, en particular, por lo que es necesario aplicar la mecanización agrícola, que no debe confundirse con tractorización, pues esta última es el empleo de tracción mecánica, y sólo es un componente más de la mecanización agrícola (Cruz, 1992).

La combinación de prácticas de manejo del suelo: sistemas de labranza de conservación y fertilización orgánica, ha incrementado los indicadores de

calidad biológica del suelo en un corto tiempo, por lo que se considera una opción para su manejo sostenible (Miganjos *et al.*, 2006). Además, los mejoradores de suelos intervienen de forma significativa en las propiedades fisicoquímicas, lo que incrementa su contenido de materia orgánica (Cooperband, 2002; Bronick y Lal, 2005).

Considerando la importancia de la labranza y los mejoradores de suelo para su manejo sostenible, en este trabajo se planteó evaluar el efecto de tres sistemas de labranza con el uso de un mejorador para la retención de humedad, en un cultivo de avena.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el campo experimental ubicado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, cuyas coordenadas geográficas son: 25° 23' 42" de latitud norte y 100° 59' 57" de longitud oeste y una altitud de 1 743 msnm. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1973), el clima en Buenavista, donde se ubica la universidad, se expresa por la fórmula $BS0kx^2(w)(e')$, que significa seco-árido, templado con verano fresco largo, con régimen de lluvias escasas todo el año, tendiendo a llover más en el verano y clima extremoso. La temperatura media anual es de 16.9° C, con una precipitación media anual de 435 mm y una evaporación media anual que oscila entre los 1,956 mm. Los vientos predominantes tienen una dirección noreste, con velocidades promedio de 25.5 km h⁻¹.

El suelo del sitio experimental tiene características de textura franco arcilloso, xerosol, con una densidad aparente de 1.28 g cm³, una velocidad de infiltración de 3.98 cm h⁻¹ y una retención de humedad de 230 mm m⁻¹ a capacidad de campo; es un suelo con más de dos metros de profundidad, con un contenido de materia orgánica bajo (2.5%) y una resistencia a la penetración de 3 768.5 kPa.

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con arreglo en parcelas divididas y subdivididas. Se trabajó con nueve parcelas con dimensiones de 40 por 12 m (480 m²). Se establecieron tres tratamientos de labranza, que se repitieron tres veces: convencional (arado de discos y rastra a 30 cm de profundidad), vertical (arado de cincales y rastra a 30 cm de profundidad) y cero labranzas (siembra directa), y se mantuvieron los residuos de cosecha del ciclo anterior. Cada tratamiento se dividió en

cuatro franjas iguales de 3 por 40 m (120 m²). Para el mejorador de suelo se utilizó M0 (Testigo) y M1 (Algaenzimas), que se aplicó a cada franja. Se estableció como cultivo avena forrajera (*avena sativa*), con una densidad de siembra de 120 kg ha⁻¹. El tipo de semilla que se utilizó fue de la variedad Chihuahua, certificada, con 99% de germinación. La lámina de riego aplicada durante el ciclo del cultivo fue de 10 cm de agua.

El seguimiento a la humedad durante el ciclo de cultivo se realizó por medio de una sonda TDR FIELDSCOUT 300, a profundidades de 7.6, 12 y 20 cm para registrar el contenido de humedad volumétrico disponible en el suelo. En cada unidad experimental se tomaron ocho lecturas por profundidad. La frecuencia de la toma de datos se hizo un día después de aplicar el riego, para esperar a que llegara a la capacidad de campo. Los muestreos se realizaron durante todo el ciclo vegetativo del cultivo.

Para determinar el desarrollo radicular se obtienen muestras aleatorias (cinco plantas por franja) durante el espigamiento del cultivo, y mediante excavaciones, por tratamiento de labranza y mejorador, se extrajo cuidadosamente la raíz completa, que se limpió cuidadosamente en el mismo lugar para retirar la tierra adherida; posteriormente se midió con un vernier a partir de las tres coordenadas (Hidalgo y Candela, 1969). Los resultados se promediaron para obtener el volumen de exploración por tratamiento.

La resistencia a la penetración del suelo se realizó mediante un penetrómetro digital manual FIELDSCOUT SC 900 que proporciona las lecturas de la profundidad en incrementos de 2.5 (1") y la resistencia a la penetración. Los datos de compactación se leyeron en forma digital en PSI o kPa.

Para realizar el muestreo del forraje en campo se utilizó un marco de madera, cuyos lados miden 0.25 cm y su área total es de 0.0625 m² (Martínez *et al.*, 1990). Se colocó el marco en el suelo y el material que quedó dentro de él se cortó y pesó en verde; posteriormente se puso a deshidratar a una temperatura de 70° C, durante 72 horas, hasta que perdió la humedad y su peso fue constante, para obtener el rendimiento en forraje seco por hectárea.

Para procesar los datos se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial, con el programa R, versión 2.14. Los datos del ANOVA con sus respectivas interacciones y las comparaciones de medias, para cada factor analizado, se obtuvieron por el método de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza, para la variable humedad con sus respectivas interacciones (Cuadro 1) se tuvo una diferencia significativa en los dos factores labranza-mejorador para los dos ciclos del cultivo, con un valor de 0.00407 ** y 0.00351 **. En el Cuadro 2 se pueden observar las DMS del experimento, que muestran que la NL retuvo mayor humedad, en comparación con LC y LV.

Tanto en labranzas como en mejorador, el análisis de varianza para exploración de raíces no muestra diferencia significativa en los dos ciclos de cultivo. En el Cuadro 3 se puede apreciar la DMS, los valores que existen entre labranzas con respecto a volumen de exploración de raíces; no existe diferencia significativa.

En la Figura 1 se observa el análisis de resistencia a la penetración durante los ciclos 2015 y 2016, en los cuales no se encuentran diferencias significativas durante los dos ciclos. En la misma figura se puede observar que, independientemente del sistema de labranza, los valores de resistencia de la penetración van aumentando con la profundidad. Según Bravo y Andreu (1995), los valores menores a los 3 Mpa son aptos para que se tenga un buen desarrollo de las raíces.

El análisis de varianza respecto al rendimiento durante los cuatro ciclos no muestra diferencia significativa en los dos ciclos de cultivo. Para el ciclo 2015 se tiene diferencia significativa entre labranzas, en tanto que en el ciclo 2016 estadísticamente son iguales, numéricamente son diferentes. Esto de acuerdo a la DMS que se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 1. CANOVA para la humedad.

	F-valor	Pr(>F)
Labranza	29.36	0.00407 **
Mejorador	21.594	0.00351 **
Labranza: Mejorador	0.757	0.50922
CV:5.69		

Cuadro 2. Comparación múltiple de medias entre labranzas en los dos ciclos de cultivo.

Labranzas	Humedad avena 2015			Labranzas	Humedad avena 2016		
	0 - 7.6 cm	0 - 12 cm	0 - 20 cm		0 - 7.6 cm	0 - 12 cm	0 - 20 cm
NL	32.45 a	33.41 a	39.30 a	NL	25.77 a	32.16 a	38.12 a
LV	25.03 b	25.91 b	32.74 ab	LV	19.89 b	27.48 b	32.10 b
LC	21.74 b	22.78 b	27.57 b	LC	18.31 b	23.37 c	26.62 c

Análisis del volumen de exploración de raíces por efecto del sistema de labranza y mejorador.

Cuadro 3. Comparación múltiple de medias entre labranzas con respecto al volumen de exploración de raíces ciclo 2015-2016.

Labranzas	Volumen raíz avena 2015	cm ³	Labranzas	Volumen raíz avena 2016	cm ³
LV	167.57 a	cm ³	LV	46.62 a	cm ³
NL	205.88 a	cm ³	NL	39.71 a	cm ³
LC	238.90 a	cm ³	LC	48.65 a	cm ³

Análisis del volumen de exploración de raíces por efecto del sistema de labranza y mejorador.

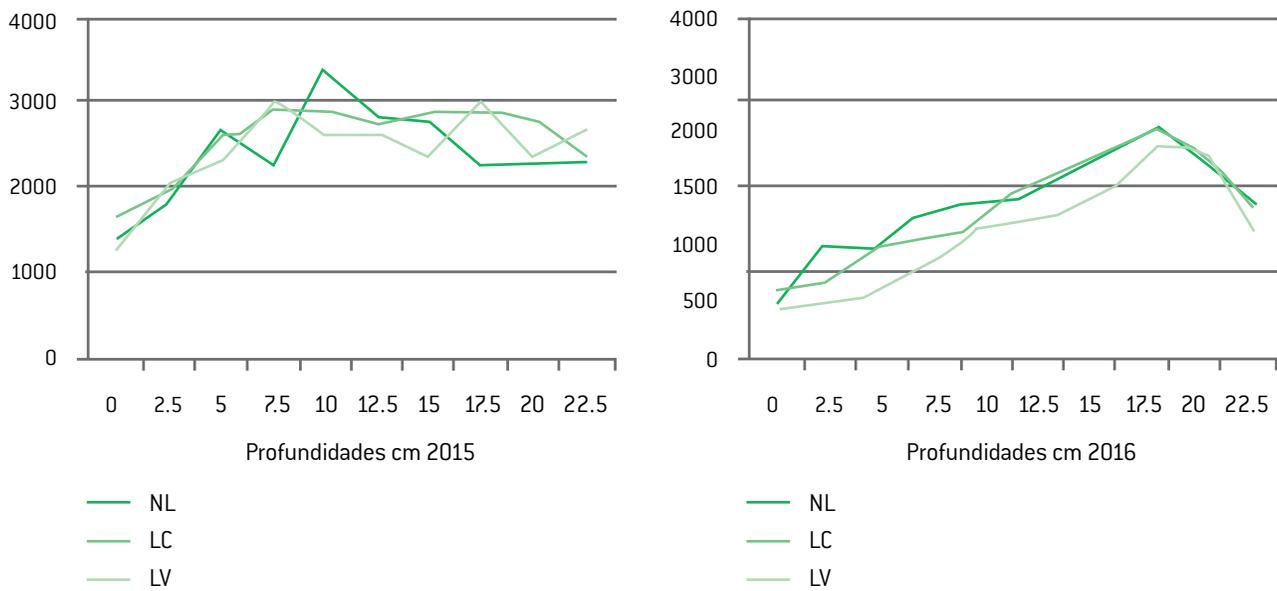


Figura 1. Análisis de los datos de resistencia a la penetración del suelo con el cultivo de avena durante los ciclos 2015 y 2016.

Cuadro 4. Comparación múltiple de medias entre labranzas con respecto al rendimiento ciclo 2015-2016.

Rendimiento avena 2015			Rendimiento avena 2016		
LV	9.56 ab	Ton/ha	LV	9.64 a	Ton/ha
LC	10.30 a	Ton/ha	LC	8.68 a	Ton/ha
NL	5.12 b	Ton/ha	NL	7.9 a	Ton/ha

CONCLUSIONES

La labranza cero retiene mayor humedad en diferentes profundidades, seguido de la labranza vertical. Respecto a estos dos sistemas de labranza, el sistema vertical no presenta grandes variaciones en todas las variables analizadas debido a que siempre se mantiene en tendencias intermedias.

Después de dos ciclos de cultivo, la DA tiene una diferencia significativa a profundidad de 5 cm, y en relación al rendimiento, éste no presenta diferencia significativa en los dos ciclos.

LITERATURA CITADA

- ADEOYE, K. B. 1982. Effect of tillage depth on physical properties of a tropical soil on yield of maize, sorghum and cotton. *Soil Tillage Res.* 2: 225-231.
- BRAVO, C. 1993. Efecto de diferentes sistemas de labranza sobre las propiedades físicas del suelo y su influencia en el rendimiento del cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en un Alfisol del estado Guárico. Tesis. Postgrado en ciencias del suelo. Facultad de agronomía. UCV. Macaray. 117 p
- BRAVO, C. 1995. La labranza conservacionista en Venezuela. III Reunión de la Red Latinoamericana de labranza conservacionista (Relaco). San José, Costa Rica. Memorias. pp: 235-247.
- BRONICK, C. J. and R. Lal. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124: 3-22.
- BROWN, S. M. and T. Whitwell; J. T. Touchton y C. H. Burmester. 1985. Conservation tillage systems for cotton production. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:1256-1260.
- CONANT, R., Easter, M., Paustian, K., Swan, A. and Williams, S. Impacts of Periodic Tillage on Soil C Stocks: A Synthesis. *Soil and Tillage Research.* Vol. 95, 2007, pp. 1-10.
- COOPERBAND, L. 2002. Building soil organic matter with organic amendments. Center for Integrated Agricultural Systems. University of Wisconsin-Madison USA.
- CRUZ, L.A. 1992. El papel de la tracción animal en la producción agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- FIGUEROA S., B. y E. Ventura R. Jr. 1990. Instructivo para la evaluación del proyecto. Efecto de la labranza en la estructura del suelo y su relación con el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Salinas, San Luis Potosí, México.
- GONZÁLEZ, C.G., Sánchez-Cohen, I. y García-Arellano, D. Relaciones entre el manejo del huerto de nogal y la porosidad del suelo. *Terra Latino.* Vol. 22, 2004, pp. 279-287.
- HAMZA, M. A. y W. K. Anderson. 2005. Soil compaction in cropping systems A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil Tillage Research* 82:121-145.
- HARMAN, L. W., G. J. Michels y A. F. Wiese 1989. A conservation tillage systems for profitable cotton production in the Central Texas High Plains. *Agron. J.* 81:615-618.
- HIDALGO, I. y Candela, M. Morfología radicular de la vid. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), 1969, p. 101.
- HOOK, J.E., and Gascho, J.G. Multiple Cropping for Efficient Use of Water and Nitrogen. In *Cropping Strategies for Efficient Use of Water and Nitrogen.* Hrgrofe, W.L. (editor). Madison, USA: ASA Special Publication. American Society of Agronomy, Inc., Vol. 51, 1998, pp. 7-20.
- MIGANJOS, I., Pérez, R., Albizu, I., and Garbisu, C. Effects of Fertilization and Tillage on Soil Biological Parameters. *Enzyme and Microbial Technology.* Vol. 40, 2006, pp. 100-106.
- MONTGOMERY, D.C. *Diseño y análisis de experimentos.* México, D.F.: Iberoamérica, 1991, 589 pp.
- SANTOS-PEREIRA, L.A., Cordery, I., and Iacovides, I. *Coping with Water Scarcity: Addressing the Challenges.* The Netherlands: Springer Science and Business Media B.V., 2009.
- VAN DEN PUTTE, A., Govers, G., Daniels, J., Gillijns, K., and Demuzere, M. Assessing the Effect of Soil on Crop Growth: A Meta-Regression Analysis on European Crop Yields Under Conservation Agriculture. *European Journal of Agronomy.* Vol. 33, 2010, pp. 231-241.