

# Efecto de labranza y mejorador en la conductividad hidráulica, densidad aparente y porosidad de un suelo franco arcilloso en un ambiente semiárido

Effect of tillage and breeder, hydraulics, bulk density and porosity of clay loam soil conductivity in a semi-arid environment

Karen Denisse Ordóñez-Morales<sup>\*1</sup>, Martín Cadena-Zapata, Alejandro Zermeño-González<sup>1</sup>, Santos Gabriel Campos-Magaña<sup>1</sup> y Félix de Jesús Sánchez-Pérez<sup>1</sup>

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro<sup>1</sup>, Calzada Antonio Narro 1923. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. CP 25315. Email: mome190512@gmail.com (\*Autor responsable).

## RESUMEN

Se evaluaron tres sistemas de labranza: labranza vertical (LV), labranza cero (NL), y el testigo, labranza convencional (LC), en parcelas de 40 m de largo por 12 m de ancho, y un mejorador (Algaenzimas) en un suelo franco arcilloso, para un cultivo de maíz (*Zea mays*) y otro de frijol (*P. vulgaris*), a fin de determinar su conductividad hidráulica, densidad aparente y porosidad. La investigación se realizó en el campo experimental El Bajío, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, a 1743 msnm. Esta investigación se llevó a cabo en la temporada de verano 2015 y 2016, la cual se estableció con un arreglo experimental de tres tratamientos de labranzas con tres repeticiones cada uno, para la evaluación de conductividad hidráulica, la que se determinó con el permeámetro de Guelph, con un diseño experimental anidado, en tanto que la densidad aparente se obtuvo con el método extractor de núcleos y la porosidad a partir de los resultados de la densidad aparente; para estas dos últimas propiedades se utilizó un diseño de parcelas subdivididas completamente al azar. En este estudio, para los valores de conductividad tomados en el 2015, se encontró significancia estadística para la NL, la cual mostró mayor conductividad, con un resultado de 20.10 mm/h, en comparación con la LV y LC que obtuvieron un resultado de 6.34 mm/h y 4.95 mm/h, respectivamente, lo que respalda la hipótesis, ya que las labranzas de conservación influyeron positivamente en esta propiedad. Los valores de densidad aparente para el año 2015, en la LC mostraron diferencia significativa en las tres últimas profundidades: 5-10: 1.58 g/cm<sup>3</sup>; 10-15: 1.49 g/cm<sup>3</sup>; 15-20: 1.43 g/cm<sup>3</sup>, con un valor por encima del rango de Da para un suelo franco arcilloso (1.3 g/cm<sup>3</sup>–1.4 g/cm<sup>3</sup>), en comparación con la NL y LV, que no obtuvieron diferencia significativa. Respecto a los valores de porosidad, no se observó diferencia significativa en los dos años, ya que la media para cada tratamiento osciló entre 43 a 52%. Para el año 2016, la LC obtuvo mayor conductividad hidráulica tanto en frijol (8.72 mm/h) como en maíz (7.99 mm/h), en comparación con la LV y NL; respecto a la densidad aparente y porosidad se observó diferencia significativa para la labranza cero en la primera profundidad (1.25 g/cm<sup>3</sup>; 52.94%) y última profundidad (1.52 g/cm<sup>3</sup>; 42.66%) para la labranza convencional, en comparación con la LV y demás profundidades. Los mejoradores no muestran incidencia en ninguna de las parcelas para los diferentes ciclos y no existe efecto influyente en los variados tratamientos para conductividad, densidad y porosidad.

**Palabras clave:** labranza, mejorador, conductividad hidráulica, densidad aparente, porosidad

## ABSTRACT

Three tillage systems were evaluated: vertical tillage (LV), zero tillage (NL) and conventional tillage (LC), along with a witness, on 40 m long by 12 m wide plots and a breeder (*Algaenzimas*) in a loam clay soil for a corn crop (*Zea mays*) and beans crop (*Phaseolus vulgaris*), to determine the hydraulic conductivity, bulk density and porosity in a clay loam soil. The research was carried out in the experimental field of "el Bajío", at the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro 1743 meters above sea level. This research was conducted during the summer of 2015 and 2016 using a nested experimental design with three treatment and three replications per treatment; hydraulic conductivity which was determined with the Guelph permeameter and the apparent density was obtained with the nucleus extractor method, porosity was obtained from the results of the apparent density. These two later properties were assessed using a subdivided plot random design. A statistical significance was found for the 2015 NL conductivity values, which showed greater conductivity with a result of 20.10 mm/h as compared to LV and LC (6.34 mm/h and 4.95 mm/h), so that the hypothesis of positive influence for vertical tillage factor is accepted. Values of soil apparent density for the year 2015 in LC showed significant difference in three depths (5-10: 1.58 g/cm<sup>3</sup>, 10-15: 1.49 g/cm<sup>3</sup> and 15-20: 1.43 g/cm<sup>3</sup>) surpassing Da values for a clay loam soil (1.3 g/cm<sup>3</sup>-1.4 g/cm<sup>3</sup>), as compared to the NL and LV, which did not obtain significant differences and which did not get values above the mentioned range. As to porosity values, no significant difference was observed in both years, since the average for each treatment took values from 43% to 52%. During 2016, LC got higher hydraulic conductivity in both, beans crop (8.72 mm/h) and corn crop (7.99 mm/h) as compared to LV and NL values. With respect to apparent density and porosity, a significant difference was observed with NL at first depth (1.25 g/cm<sup>3</sup>; 52.94%) and with CL at last depth (1.52 g/cm<sup>3</sup>; 42.66%) in comparison with LV and other depths. Breeders did not show incidence in any of the plots for the various cycles and, therefore, there is no effect in different treatments for conductivity, density and porosity.

**Key words:** tillage, breeder, hydraulic conductivity, bulk density, porosity

## INTRODUCCIÓN

Debido al rápido crecimiento de la población, se intensificó el laboreo de las tierras para poder producir los alimentos, ya que su demanda cada vez era mayor, lo cual dio como resultado el uso más intensivo de animales y de maquinaria pesada y, por consiguiente, la compactación y degradación del suelo, que afectó sus propiedades físicas (densidad aparente, porosidad), que como efecto aumentó la resistencia del suelo y disminuyó la infiltración del agua, lo que originó su retención (Hazma y Anderson, 2005).

La labranza es una práctica que facilita las labores agrícolas, entre las que destacan: control de malezas, formación de camas de semillas que lleven a una buena germinación, establecimiento del cultivo, incorporación de fertilizantes y pesticidas al suelo, incorporación de materia orgánica y residuos del cultivo anterior. La labranza consiste, comúnmente, en la inversión y mullimiento de la capa superficial del suelo (15-30 cm) a través de araduras y rastreajes, que cuando se operan con una humedad adecuada del suelo, resultan en una disgregación y mullimiento, lo que mejora las propiedades mecánicas para su posterior uso o aprovechamiento (Acevedo y Martínez, 2003).

Los sistemas de labranza tienen como finalidad crear condiciones favorables en el suelo para un mejor desarrollo de los cultivos. Estos sistemas representan una alternativa desde el punto de vista laboral, ya que se ocupa poco tiempo para su realización, aunque desde el punto de vista estructural se convierten en un problema debido a que compactan el suelo y afectan sus propiedades físicas, lo que provoca que la emergencia de las plántulas sea una lucha debido a su compactación (Rivas *et al.*, 2004).

Los sistemas de labranza que se realizaron en este trabajo fueron tres: LV, con arado de cinceles, rastra de discos y siembra; NL, siembra directa, y el testigo, LC, con arado de discos, rastra de discos y siembra.

Los mejoradores son materiales que, al aplicarse al suelo, ayudan a desempeñar con mayor eficiencia sus funciones fisicoquímicas y biológicas, ya que proporcionan energía al crecimiento y desarrollo de las plantas (Narro, 1985).

En relación con la interacción de la labranza y los mejoradores de suelo, López-Martínez *et al.* (2000) indican que las propiedades físicas del suelo se ven afectadas por diferentes coberturas de abonos

orgánicos y labranza reducida, pero sin afectar la densidad aparente y la humedad, y los rendimientos superan a los que se obtienen con labranza convencional.

La densidad aparente ( $D_a$ ) es una propiedad que se utiliza ampliamente en la agricultura; es la característica que influye en mayor grado en la productividad, y además también tiene una estrecha relación con otras propiedades físicas del suelo, se ve afectada por las partículas sólidas y el espacio poroso, el cual a su vez está determinado por la materia orgánica del suelo (MO). Cuando la  $D_a$  aumenta, se incrementa la compactación y se afectan las condiciones de retención de humedad. En suelos de textura franco arcillosa oscila de 1.3 a 1.4  $\text{gr}/\text{cm}^3$  (Salamanca y Sa-deghian, 2005).

La conductividad hidráulica tiene un papel muy importante en el suelo, ya que por ella se determina la capacidad de infiltración de agua en el suelo, a la vez que indica cuál es su grado de infiltración y si afecta en la germinación, desarrollo y rendimiento del cultivo (López-Santos *et al.*, 2012).

En este trabajo en el que se evaluaron tres sistemas de labranzas y un mejorador de suelo para determinar su influencia en la conductividad hidráulica en un cultivo de avena forrajera (avena sativa), en un suelo franco arcilloso en condiciones semiáridas, se planteó como hipótesis que los sistemas de labranza de conservación (LV y NL) influyen positivamente en CH,  $D_a$  y P, en comparación con la labranza convencional.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó dentro del campo experimental denominado El Bajío, ubicado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Las coordenadas geográficas extremas que la delimitan son: 100°59'57" de longitud Oeste, 25°23'42" de latitud Norte y una altitud de 1743 msnm, en un suelo de textura franco-arcillosos, con un clima seco-árido, templado, con verano fresco largo; con un régimen de lluvias en verano y una precipitación media anual de 435 mm, y un clima extremoso, con una temperatura media anual de 16.9° C.

Las características iniciales del sitio experimental fueron las siguientes: suelo xerosol de textura franco-arcillosa; densidad aparente de 1.28  $\text{g}/\text{cm}^3$ ,

velocidad de infiltración de 3.98 cmh-1, con una retención de humedad de 230 mm m-1 a capacidad de campo; suelo con más de dos metros de profundidad; contenido de materia orgánica de 2.5%, y una resistencia a la penetración de 3 768.5 kPa.

El experimento se estableció durante el ciclo P-V 2015-2016, bajo un arreglo estadístico completamente al azar, con arreglo en parcelas divididas, en el que se usaron tres sistemas: LC, con arado de discos y rastra a 30 cm de profundidad, LV, con cinceles a 30 cm de profundidad y NL, siembra directa, en el que se mantuvieron los residuos de la cosecha anterior. Cada bloque o unidad experimental se dividió en cuatro filas, para aplicar los mejoradores con su respectiva dosis recomendada: algaenzimas (1 l ha-1) y el testigo sin mejorador. En cada fila, el mejorador cubrió una superficie de 120 m<sup>2</sup> y la superficie total de cada unidad experimental fue de 480 m<sup>2</sup>. Se realizaron tres repeticiones de cada labranza, lo que dio un total de nueve bloques. Se estableció maíz (*Zea mais*), de la variedad JAGUAN y frijol (*Phaseolus vulgaris*), de la variedad pinto de Saltillo.

La variable de conductividad hidráulica se determinó con el permeámetro de Guelph, con un diseño anidado que consistió en tomar tres muestras en diferentes puntos de las tres primeras parcelas, en las franjas de maíz y frijol con y sin mejorador. Esta cualidad es fuertemente dependiente del contenido de humedad y puede disminuir varios órdenes de magnitud, al pasar del estado de saturación a marchitez permanente. La conductividad hidráulica del suelo es máxima cuando el suelo está saturado, puesto que

todos los poros están llenos de agua y actúan como conductores; además, a mayor tamaño de poros mayor conductividad, por lo cual es una propiedad que depende de la estructura, textura y la composición mineralógica de las arcillas.

Para fines de interpretación de los valores de Ksat que se obtengan, el Soil Survey Division Staff (SSDS, 1993) recomienda el uso de los límites críticos que se presentan en el Cuadro 1.

La densidad aparente se determinó por el método de cilindros de volumen conocido, para lo cual se hizo un muestreo al final del ciclo del cultivo a cuatro profundidades de 0-5, 5-10, 10-15 y 15-20 cm. Se efectuaron dos muestreos para cada franja por unidad experimental con tres repeticiones, por lo que se obtuvieron 48 observaciones por tratamiento. Las muestras se pesaron en húmedo y luego se secaron en estufa, a una temperatura de 105° C, durante 24 h; luego, se determinó el peso en seco, el cual se empleó para obtener la densidad aparente con la siguiente fórmula:

$$Da = \frac{\text{peso del suelo seco}}{\text{volumen del suelo húmedo}}$$

Por definición, el espacio poroso del suelo es aquel espacio o volumen del suelo que no está ocupado por sólidos y contiene simultáneamente agua y aire, en otras palabras todos los espacios abiertos (poros) entre sólidos del suelo; su importancia radica en la definición del volumen de agua que se puede retener y en la respiración de las raíces de las plantas.

**Cuadro 1.** Clase de conductividad del suelo saturado [tomadas de SSDS, 1993].

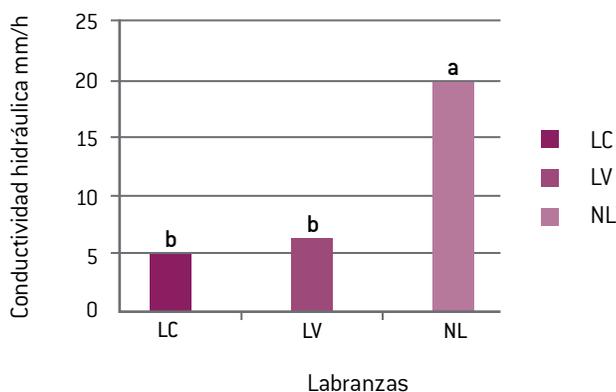
Clase	Conductividad hidráulica (mm.h <sup>-1</sup> )
Muy alta	> 360
Alta	36 - 360
Moderadamente alta	3.6 - 36
Moderadamente baja	0.36 - 3.6
Baja	0.036 - 0.36
Muy baja	< 0.036

Para obtener la porosidad del suelo se utilizó la siguiente fórmula:

$$EP = \left[ 1 - \frac{D_a}{D_r} \right] \times 100$$

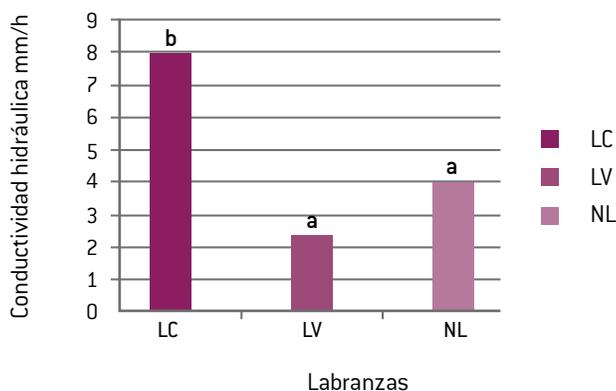
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluaron los resultados obtenidos con el permeámetro de Guelph, de los diferentes sistemas de labranza, los cuales mostraron diferencia estadística significativa para la labranza cero, ya que tiene mayor flujo del movimiento del agua en comparación de la labranza vertical y convencional (Figura 1).



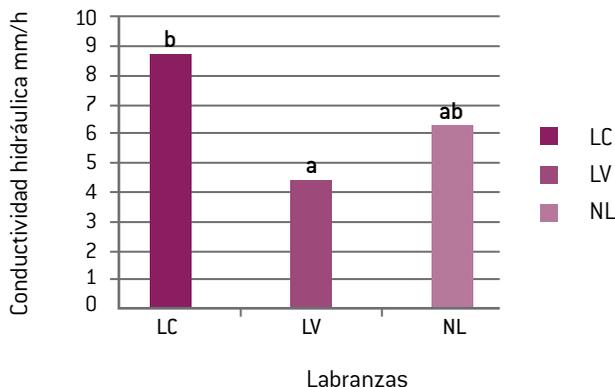
**Figura 1.** Gráfica de análisis de medias respecto a conductividad hidráulica de maíz 2015.

Los valores de conductividad hidráulica indican la facilidad con la que el flujo de agua puede moverse. La Figura 2 muestra el análisis de las medias, las cuales indican que existe diferencia significativa para la labranza convencional, en comparación con la labranza cero y vertical.



**Figura 2.** Gráficas de análisis de medias respecto a conductividad hidráulica de maíz 2016.

Para el periodo 2016, la conductividad hidráulica se comportó de mejor forma para la labranza convencional y la cero, ya que la primera tiene mayor conductividad y le sigue la cero, mientras que la vertical mostró menor conductividad, tanto en éste año como en el 2015 (Figura 3).

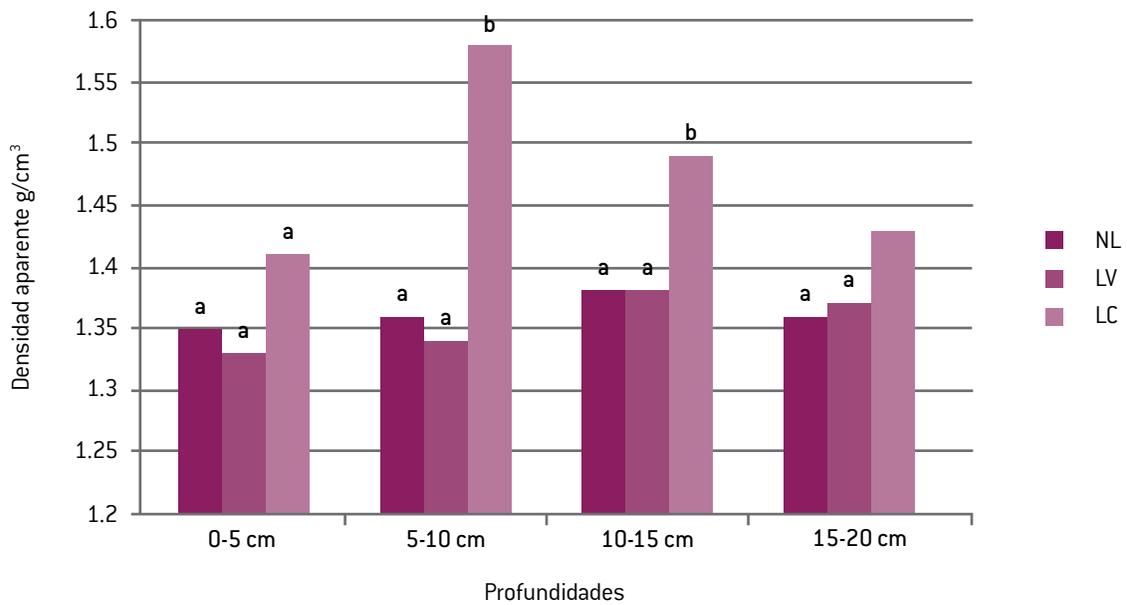


**Figura 3.** Gráficas de análisis de medias respecto a conductividad hidráulica de frijol del 2016.

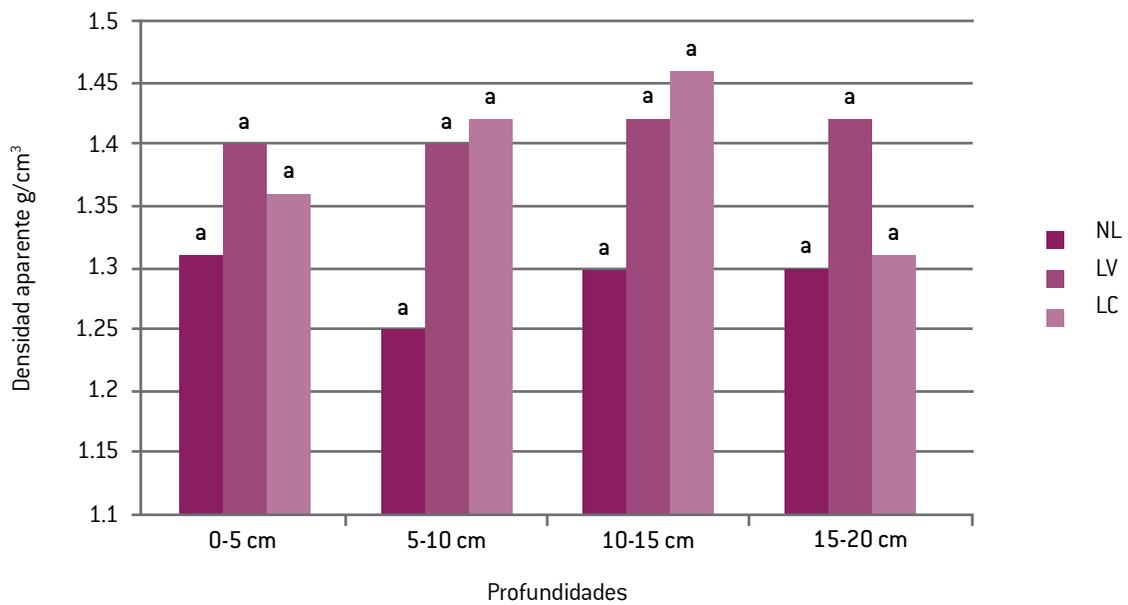
El flujo del agua en las parcelas o terrenos excesivamente labrados se relaciona con la conductividad hidráulica saturada (Ksat), donde ésta aumenta (Blanco *et al.*, 2004). Pero también se encontró que la LC tuvo el mayor efecto sobre las propiedades del suelo al disminuir su Ksat, densidad aparente y materia orgánica. No obstante, se ha determinado que la NL puede tener consecuencias contrastantes en la conservación del agua en el suelo y el rendimiento, debido al paso de la maquinaria para realizar la siembra (Khaleidan *et al.*, 2012). De acuerdo con las clases de conductividad SSDS (1993), los valores obtenidos de conductividad del suelo del sitio experimental, para los diferentes tratamientos de labranza, se encuentran dentro de la clase moderadamente alta que es de 3.6 a 36 mm/h.

Los resultados de densidad aparente se realizaron para observar los efectos de cada labranza y así saber la relación que existe entre la conductividad y porosidad que éstas presentan en cada ciclo, para cada cultivo. En la Figura 4 se observa diferencia estadística significativa para el tratamiento de LC en las tres últimas profundidades (5-10, 10-15 y 15-20 cm), por lo que se aprecian valores de hasta 1.58 gr/cm<sup>3</sup>, en comparación con la LV y NL.

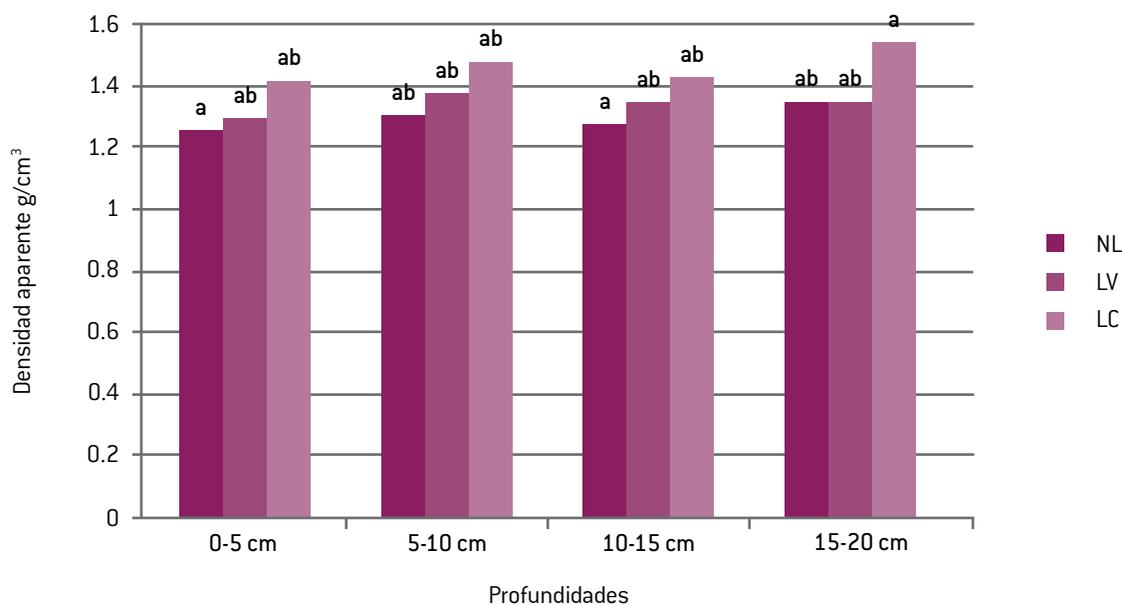
En la Figura 5 se observan las variaciones de densidad en el año 2016, las cuales estadísticamente no muestran diferencia significativa en cada labranza en las profundidades muestreadas, lo cual indica



**Figura 4.** Gráfica de análisis de medias respecto a densidad aparente del cultivo de maíz 2015.



**Figura 5.** Gráfica de análisis de medias respecto a densidad aparente del maíz 2016.



**Figura 6.** Gráfica de análisis de medias respecto a la densidad aparente de frijol, 2016.

que los sistemas y mejorador no influyen positiva o negativamente en esta variable.

En la Figura 6, el análisis estadístico muestra diferencia significativa para la NL, la cual obtuvo la menor densidad a la profundidad de 0-5 cm y la mayor densidad en la labranza convencional, a la profundidad de 15-20 cm, y en las profundidades no mencionadas, no existió diferencia estadística para cada labranza.

El análisis estadístico de esta variable mostró diferencias significativas entre tratamientos de labranza, se observó una disminución de densidad aparente en el tratamiento de NL a la profundidad de 0 a 15 cm, comparado con LC, la cual mostró mayor densidad en los dos años analizados. Esto se debe al laboreo que se realiza en el suelo.

Aase y Pikul (1995) observaron diferencias en densidad aparente después de siete años de manejo, y detectaron que la menor densidad fue en la NL. Morrison *et al.* (1990) no encontraron diferencias entre la NL y la LC en la densidad aparente, después de tres años de manejo, lo cual indica que para observar una variación altamente significativa, la investigación tiene que ser a largo plazo.

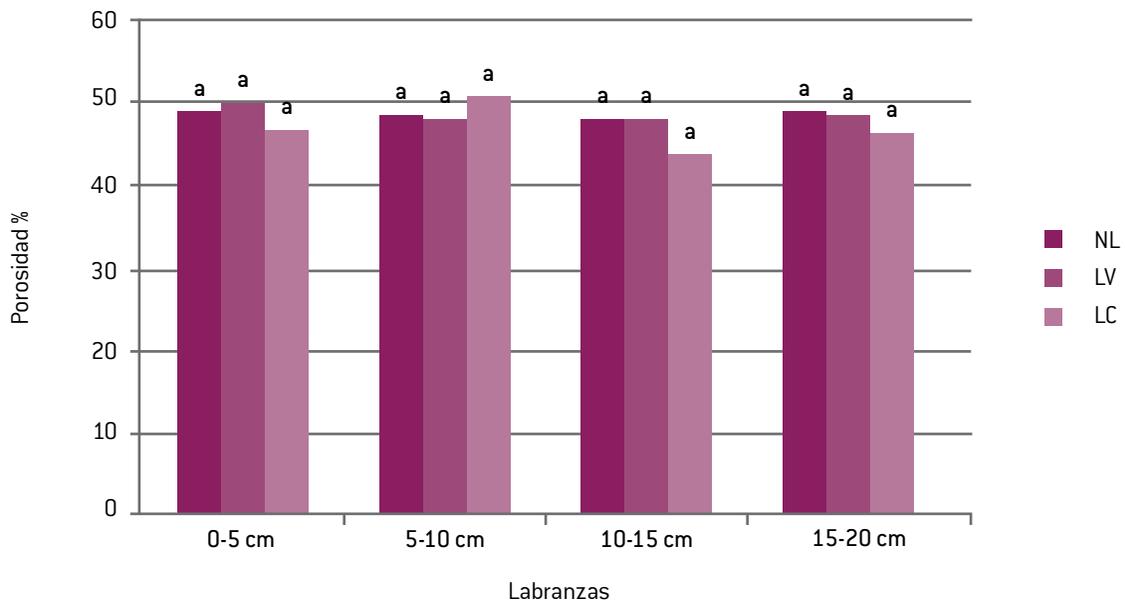
La porosidad que se obtuvo para las diferentes labranzas en las cuatro profundidades muestreadas no se encontró ninguna diferencia significativa para

el año 2015, en comparación con el 2016, en el cual se observaron diferencias en los tratamientos y sus profundidades respectivas. Esto se debió a que la porosidad depende del resultado que se obtenga en la densidad aparente, en la cual no se mostraron valores altamente significativos. La Figura 7 muestra que en el 2015, en el cultivo de maíz, no existió diferencia para cada tratamiento.

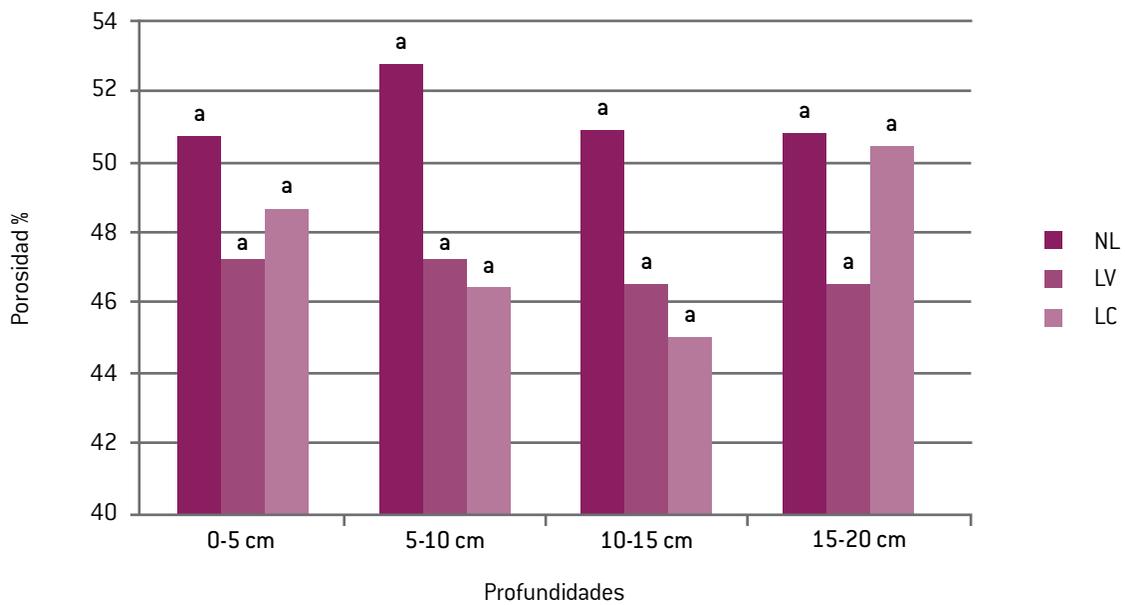
Los resultados obtenidos que se muestran en la Figura 8 del 2016 indican que no existe diferencia estadística significativa para cada labranza, las cuales tienen un valor promedio de porosidad para cada profundidad y labranza de 46-52%, respectivamente.

La NL obtuvo el valor mayor de porcentaje de porosidad de 52.94% en la profundidad de 0-5 cm, en comparación con las labranzas convencional y vertical, según se observa en la Figura 9, en tanto que en las demás profundidades no existe diferencia significativa en las tres labranzas. En la profundidad de 15-20 cm, la LC obtuvo 42.66% de porosidad; este valor fue el menor en comparación con LV y NL.

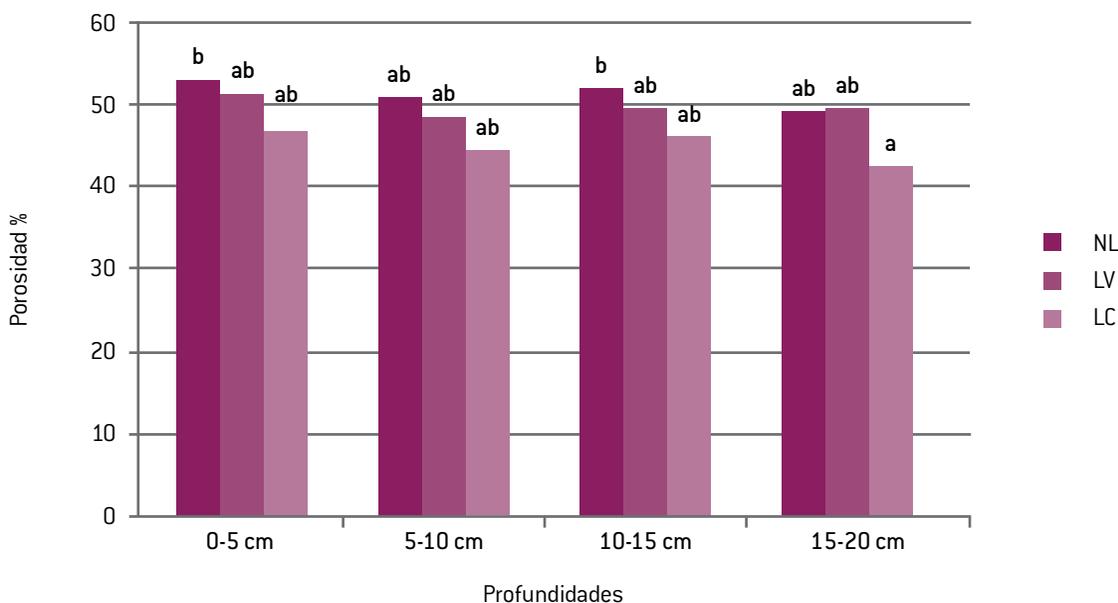
Existe poca diferencia significativa para los dos años, ya que la porosidad depende de la Da, y estos resultados sobrepasan un poco el rango establecido para un suelo franco arcilloso, lo cual indica que los sistemas de labranza no tienen incidencia en la porosidad.



**Figura 7.** Gráfica de análisis de medias respecto a porosidad en el 2015.



**Figura 8.** Gráfica de análisis de medias en relación con la porosidad en el 2016.



**Figura 9.** Gráfica de análisis de medias en relación con la porosidad de frijol en el 2016.

Los resultados de porosidad total oscilaron entre 46 a 52.6% en los dos años, según *Corpoica* (1998). Porcentajes superiores a 70% pueden ocasionar pérdida de nutrientes de suelo, debido a los fenómenos de lixiviación.

Al contrario de la presente investigación, Martínez *et al.* (2005), al evaluar tres sistemas de labranza: vertical, siembra directa y convencional sobre las propiedades físicas del suelo, no se registraron diferencias estadísticas entre los mesoporos; por el contrario, se observó que con la labranza vertical éstos tienden a aumentar respecto a los otros tratamientos; los valores más bajos, se registraron con la LC, lo cual indica que este sistema de labranza ablanda el suelo, lo que genera perfiles poco permeables, de baja capacidad de infiltración y con drenaje interno de lento a muy lento.

## CONCLUSIÓN

El mejorador aplicado durante el desarrollo del cultivo no mostró influencia positiva en las variables de densidad aparente, porosidad y conductividad hidráulica durante los dos años.

El efecto obtenido en cuanto a la conductividad hidráulica es mayor en la NL para el año 2015, aun-

que varía en el año 2016 cuando se observa mayor conductividad en la labranza convencional, por lo cual se rechaza la hipótesis, ya que las labranzas de conservación no influyen positiva o negativamente en las variables de estudio.

Los factores que pueden influir en la conductividad hidráulica como son la densidad y porosidad, los cuales no tienen poca diferencia significativa en sus valores en un mismo ciclo, ni tampoco grandes cambios de un año a otro

Respecto a esta investigación se concluyó que los sistemas de labranza de conservación: NL y LV y la LC no existe efecto negativo ni positivo para las propiedades físicas estudiadas, lo que indica que, en corto plazo, no hay incidencia alguna para cada labranza.

## LITERATURA CITADA

- ACEVEDO, E., y Martínez, E. 2003. Sistema de labranza y conductividad de los suelos. Seminario Sustentabilidad en Cultivos Anuales: Cero Labranza, Manejo de Rastrojos. Santiago, Chile. 13-27
- BLANCO-CANQUI, H., Gantzer, C.J., Anderson, S.H. and Alberts, E.E. 2004. Tillage and crop influences on physical properties for on Epiqualf. *Soil Sci Soc Am J.* 68: 567-576

- CORPOICA. 1998. ¿Qué sabes sobre el cultivo de papa? 500 preguntas sobre el cultivo de papa. Bogotá. 1998. 11p
- HAZMA, M.A. y Anderson, W.K. 2005 Soil Compaction cropping systems A review of nature, causes and possible solutions. *Soil & Tillage Research*. 82: 121-145.
- KHALEDIAN, M., Mailhol J.C. y Ruelle, P. 2012. Yield and energy requirement of durum wheat under tillage and conventional tillage in the mediterranean climate. *Journal of Biological and Environmental Sciences*. 6: 59-65
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.D., Gutiérrez-Puente, G. y Berume-Padilla, S. 2000. Labranza de conservación usando coberturas de abono orgánico en alfalfa. *Terra Latinoamericana*. 18:(2). 161-171
- MARTÍNEZ, J., Sánchez, C., Roveda, G. y Arrieta, A. 2005. Efecto de los sistemas de labranza sobre algunas propiedades hidrofísicas en un endoaquept del sistema de producción maíz – algodón en el Valle medio del Sinú – Colombia. *Corpoica*. Córdoba, Colombia. [www.corpoica.com](http://www.corpoica.com)
- NARRO, F. A. 1985. Mejoradores de suelos calcáreos y fertilización fosfatada en el cultivo de papa. *Agraria*1 (1):57-70.
- SALAMANCA, J.A., Sadeghaink, S. 2004. La densidad aparente en suelos de la zona cafetalera y su efecto sobre el crecimiento del café. *Avances Técnicos Cenicafe*. 326: 1-8.
- SOIL SURVEY DIVISION STAFF (SSDS). 1993. Rangos de Conductividad Hidráulica.
- RIVAS, E.J., Velázquez, E. y Tenias, J. 2004. Efectos de sistemas de preparación de suelos sobre algunas propiedades físicas del suelo y biométricas en yuca (*Manihot esculenta* Cranz) en llanos altos de Monaga. *Revista UDO Agrícola* 4 (1): 36-41.