



PRECISION FARMING *AGRICULTURA DE PRECISIÓN*



<https://eqrcode.co/a/lgGjXB>

ORIGINAL ARTICLE | ARTÍCULO ORIGINAL

Effect of Three Tillage Systems on Soil and Crop Properties

Efecto de tres sistemas de labranza sobre propiedades del suelo y cultivo

MSc. Godofredo Peña-Dávila*, Ing. Jhonatan Rodríguez-Parra Alfaro, MSc. Héctor Medina-Dávila,
PhD. Guido Sarmiento-Sarmiento

Universidad Nacional de San Agustín, Facultad de Agronomía, Arequipa, Perú

ABSTRACT. Knowing the effect of various tillage systems on the properties of the soil allows optimizing agronomic management. For this reason, the effect of 3 tillage systems on 3 properties of a sandy loam soil was investigated during 4 agricultural campaigns in Majes irrigation area, Arequipa, Peru. The treatments were horizontal tillage (LH): disc plow, disc harrow and tine harrow; Vertical Tillage (LV): chisel plow, disc harrow and tine harrow, and no tillage (NL). Volumetric soil water content (percentage), soil temperature (°C), water stress measured on the leaf (percentage) and crop yield (t·ha⁻¹) in a sandy loam soil were evaluated. The results show that for volumetric content of soil water (percentage) the treatments of NL (19.73%) and LV (17.16%) were statistically superior to the treatment of LH (13.80%), for water stress measured on the leaf, the treatment of NL (16.52%) was superior compared to the treatments of LV (18.92%) and LH (20.57%), which were statistically similar. The soil temperature values in °C, measured in the 20 cm stratum and the crop yield in t·ha⁻¹ did not show significant differences between the tillage system treatments. It is concluded that the use of No Tillage is recommended in sandy textured soils.

Keywords: Sandy, Temperature, Stress, Humidity.

RESUMEN. El conocimiento del efecto de diversos sistemas de labranza, sobre las propiedades del suelo, permite optimizar el manejo agronómico. Por ello, se investigó en el efecto de tres sistemas de labranza, sobre tres propiedades de un suelo franco arenoso, durante cuatro campañas agrícolas en la irrigación Majes, Arequipa, Perú. Los tratamientos fueron Labranza horizontal (LH): arado de discos, grada y rastra; Labranza Vertical (LV): arado de cinceles, grada y rastra, y no labranza (NL). Se evaluó contenido volumétrico de agua del suelo (porcentaje), temperatura del suelo (°C), estrés hídrico medido en la hoja (porcentaje) y rendimiento del cultivo (t·ha⁻¹) en un suelo franco arenoso. Los resultados muestran que para contenido volumétrico de agua del suelo (porcentaje) los tratamientos de NL (19,73%) y LV (17,16%) fueron superiores estadísticamente al tratamiento de LH (13,80%), para el estrés hídrico medido en la hoja el tratamiento de NL (16,52%) fue superior en comparación a los tratamientos de LV (18,92%) y LH (20,57%) que fueron similares estadísticamente. Los valores temperatura en °C medido en estrato a 20 cm y rendimiento del cultivo en t·ha⁻¹, no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos de sistemas de labranza. Se concluye que es recomendable el empleo de No Labranza en suelos de textura arenosa.

Palabras clave: arenoso, temperatura, estrés, humedad.

INTRODUCTION

Soil degradation affects 33% of agricultural soils worldwide (FAO and ITPS, 2015). In 2006, the European Commission, concerned about the magnitude of the problem, identified a series of threats related to agriculture

INTRODUCCION

La degradación del suelo afecta a un 33% de los suelos agrícolas a nivel mundial (FAO and ITPS, 2015). En el año 2006, la Comisión Europea, preocupada por la magnitud del problema, identificó una serie de amenazas relacionadas con

* Author for correspondence: Godofredo Peña-Dávila, e-mail: gpena@unsa.edu.pe ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1816-608X>

Received: 10/01/2020.

Approved: 18/06/2021.

(erosion, compaction, loss of organic matter, pollution, salinization and acidification) that are favoring this process of soil degradation (Louwagie, 2011). Some of these threats such as erosion, infiltration, compaction and loss of organic matter are directly related to soil tillage practices (Jones *et al.*, 2012).

Crop residues in conservation systems can minimize the potential loss of yield according to Pittelkow *et al.* (2015) & Lundy *et al.* (2015); reduce the loss of moisture, by evaporation and runoff, improve the quality of the soil in accordance to Lopez *et al.* (2012); Palm *et al.* (2014), limit weed growth according to Nichols *et al.* (2015) and reduce erosion risks (Boulal *et al.*, 2011).

The effect of tillage on soil moisture depends on the implement used, thus the chisel plow reduces water losses from the soil, compared to the disc harrow according to Olivet *et al.* (2019); No Tillage further reduces the water loss of the ground compared with conventional tillage or vertical tillage according to Molina *et al.* (2012), and the chisel plow increases infiltration in comparison to disking according to Herrera *et al.* (2017). However, some authors report that there is no difference between tillage treatments on soil moisture (Bogužas *et al.*, 2018).

In relation to soil aggregates, conservation tillage can significantly increase the content of stable macroaggregates in water, the Mean Weight Diameter (MWD) and the Soil Organic Carbon content (Zheng *et al.*, 2018).

Soil bulk density is reduced and the pore space is increased, with minimal tillage or no tillage compared to conventional tillage, (García *et al.*, 2018; Martínez *et al.*, 2018).

MATERIAL AND METHODS

The research was carried out on the grounds of CIEPA-UNSA, Irrigation Majes Arequipa- Peru (16°19' S, 72°13' W) during the 2017-2018 agricultural seasons. The soil was a sandy loam in texture, with 0.18% organic matter content.

A randomized complete block design (RCBD) was applied for three treatments with three repetitions for each one. The treatment factors evaluated were:

- Horizontal Tillage (HT), disc plow, disc harrow and tine harrow
- Vertical Tillage (VT), chisel plow, disc harrow and tine harrow
- No Tillage (NT).

The experimental unit was 20 m long by 6 m wide, with an area of 120 m².

The experimental plot had been under alfalfa from 1998 to the 2016 campaign. The crops grown in 2017 and 2018 were fodder corn and Green beans, in rotation.

The alfalfa was plowed and, on 24/7/ 2017, a cover crop (beans) was sown to have a layer of organic matter. When the cover crop developed, glyphosate was applied (1/10/2017). Tillage was carried out on 6/10/2017, using disc plow, disc harrow and tine harrow (HT), as well as chisel plow, disc harrow and tine harrow (VT), and glyphosate (NT).

la agricultura (erosión, compactación, pérdida de materia orgánica, contaminación, salinización y acidificación) que están favoreciendo este proceso de degradación del suelo (Louwagie, 2011). Algunas de estas amenazas como la erosión, la infiltración, la compactación y la pérdida de materia orgánica están directamente relacionadas con las prácticas de laboreo del suelo (Jones *et al.*, 2012).

La conservación de los residuos en los sistemas de labranza de conservación puede minimizar las posibles pérdidas de rendimiento según Pittelkow *et al.* (2015) & Lundy *et al.* (2015); reducir las pérdidas de humedad, por evaporación y escurrimiento, mejorar la calidad del suelo de acuerdo a López *et al.* (2012); Palm *et al.* (2014), limitar el crecimiento de malezas según Nichols *et al.* (2015) y reducir los riesgos de erosión (Boulal *et al.*, 2011).

El efecto de la labranza sobre la humedad del suelo depende del implemento utilizado, así el arado de cinceles reduce las pérdidas de agua del suelo, en comparación a la grada de discos según Olivet *et al.* (2019); asimismo la No Labranza reduce las pérdidas de agua del suelo comparada con la Labranza Convencional o la Labranza Vertical según Molina *et al.* (2012), y el arado de cinceles incrementa la infiltración en comparación al arado de discos según Herrera *et al.* (2017). Sin embargo, algunos autores reportan que no hay diferencia entre los tratamientos de labranza sobre la humedad del suelo (Bogužas *et al.*, 2018).

En relación a los agregados del suelo, la labranza de conservación puede aumentar significativamente el contenido de macroagregados estables en agua, el Diámetro Medio en Peso (MWD, Mean Weight Diameter) y el contenido de Carbón Orgánico del Suelo (Zheng *et al.*, 2018) causing them to be susceptible to decay. Different types of tillage systems affect soil physical properties and organic matter content, in turn influencing the formation of aggregates. The objective of this study was to evaluate the effect of long-term tillage on soil aggregates and aggregate-associated carbon in a black soil of Northeast China and to identify the optimal conservation tillage in this system. This research was conducted on a long-term tillage experimental field established in 1983 at the Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling, China. Plots were treated with four tillage systems including no tillage (NT).

La densidad aparente del suelo se reduce y el espacio poroso se incrementa, con la labranza mínima o la no labranza en comparación con la labranza convencional, (García *et al.*, 2018; Martínez *et al.*, 2018).

MATERIALES Y METODOS

La investigación se desarrolló en los terrenos del CIEPA-UNSA, Irrigación Majes Arequipa- Perú (16°19' S, 72°13' W) durante la campaña agrícola 2016-2017. El suelo es de textura franco arenosa, con 0.18% de materia orgánica.

Se aplicó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), para tres tratamientos con tres repeticiones por cada uno. Los factores de tratamiento evaluados fueron:

- Labranza Horizontal (LH), arado de discos, grada y rastra.
- Labranza Vertical (LV), arado de cinceles, grada y rastra; y
- No Labranza (NL).

La unidad experimental tenía 20 m de largo por 6 m de ancho, área de 120 m².

The sowing of the first fodder corn campaign (10/8/2017), was carried out manually (0.75 m between rows and 0.20 between plants). The variety used was Opaco Mal Paso, with a density of 133,000 plants ha⁻¹. 120-60-40 kg ha⁻¹ of NPK were applied through fertirrigation. Drip irrigation was applied in water volumes of 5 000 m³/campaign.

Soil temperature was measured in centigrade degrees, volumetric soil water content was measured in m³ / m³ (then it was taken to %), both with a GS3 model FDR soil moisture sensor (Decagon Devices brand, USA) installed at a depth of 20 cm and at a single point for each experimental unit. Readings were taken weekly. Water stress in the plant was measured in percentage with a leaf sensor (Leaf Sensor) that measures turgor (thickness of the leaf), connected to a multimeter with input voltage 2.0 V. It was used in a single plant for each experimental unit. Readings were taken once a week on the same leaf, and during all the development of the crop. Yield was measured in weight per unit area (t ha⁻¹), for this, 05 random samples were taken for each experimental unit, starting from the center, and weighed to obtain the yield of the fresh culture.

With the exception of yield, all variables were measured in-situ. An analysis of variance, a Tukey test and a Levene's test of 95% confidence ($\alpha = 0.05$) were performed on all variables, using the Real Statistics complement for excel.

The first crop of fodder corn was harvested on 12/27/2017. After that, green beans were sown manually on 01/30/2018, keeping 0.75 m between rows and 0.20 m between plants, density of 133,000 plants ha⁻¹. They were applied 20-60-40 kg ha⁻¹ of NPK through fertirrigation. Drip irrigation was applied, water volumes of 3 000 m³/ campaign. The first green bean crop was harvested on 04/03/2018. Then the second crop of fodder corn was sown on 04/26/2018, which was harvested on 8/8/2018. After that, the second crop of green beans was planted, on 08/15/2018, which was harvested on 10/27/2018.

RESULTS AND DISCUSSION

The results of volumetric water content of the soil measured at a depth of 20 cm, indicate that there are significant differences between tillage systems for this parameter. Figure 1 shows the results of Tukey significance test ($\alpha = 0.05$) which clearly shows the superiority of treatments no tillage (NT) and vertical tillage (VT) with 19.73 % and 17.16 %, respectively. They were statistically similar, but different to the horizontal tillage treatment (HT) with 13.80 %, with which it is concluded that these conservation tillage systems have a positive effect on soil moisture retention.

The averages of soil water storage capacity in the present investigation are different from those reported by Olivet *et al.* (2019), who concluded that water storage capacity is greater in soils with LV.

La parcela experimental había estado bajo alfalfa desde 1998 hasta la campaña 2016. Los cultivos realizados en 2017 y 2018 fueron maíz forrajero y frejol, respectivamente.

Se aró la alfalfa y se sembró, 24/7/2017, un cultivo de cobertura (frejol) para contar con una capa de materia orgánica. Cuando el cultivo de cobertura se desarrolló, se le aplicó glifosato 1/10/2017. La labranza se realizó el 6/10/2017, utilizando arado de discos, grada de discos y rastra de dientes rígidos (LH), arado de cinceles, grada de discos y rastra de dientes rígidos (LV) y glifosato (NL).

La siembra de la primera campaña de maíz forrajero, 8/10/2017, se realizó en forma manual (0.75 m entre surcos y 0.20 entre golpes). La variedad utilizada fue Opaco Mal Paso, con densidad de 133 000 plantas·ha⁻¹. Se aplicaron 120-60-40 kg·ha⁻¹ de N-P-K, en el agua de riego. El riego se aplicó por goteo, volúmenes de 5 000 m³/campaña.

La temperatura del suelo se midió en grados centígrados, y el contenido volumétrico de agua del suelo en m³/m³ (luego fue llevado a%), ambos con un sensor de humedad del suelo FDR modelo GS3 (marca Decagon Devices, USA) instalado a una profundidad de 20 cm y en un solo punto por cada unidad experimental. Se tomó lecturas semanales. El estrés hídrico en la planta se midió en porcentaje con un sensor de hoja (Leaf Sensor) que mide la turgencia (grosor de la hoja), conectado a un multímetro con voltaje de entrada 2,0 V, se utilizó en una sola planta por cada unidad experimental. Se tomó lecturas una vez por semana en la misma hoja, y durante el desarrollo del cultivo. El rendimiento se midió en peso por unidad de área (t·ha⁻¹), para ello se tomaron 05 muestras al azar por cada unidad experimental, partiendo del centro, y se peso para obtener el rendimiento del cultivo en fresco.

A excepción del rendimiento todas las variables se midieron in-situ. A todas las variables se les realizó un análisis de varianza, una prueba de Tukey y una prueba de Levene's de al 95% de confianza ($\alpha = 0,05$), utilizando el complemento para excel Real Statistics.

El primer cultivo de maíz forrajero se cosechó el 27/12/2017. Luego se sembró frejol vainita variedad Canario, el 30/01/2018, en forma manual (0,75 m entre surcos y 0,20 entre golpes) densidad de 133 000 plantas·ha⁻¹. Se aplicaron 20-60-40 kg·ha⁻¹ de N-P-K, en el agua de riego. El riego se aplicó por goteo, volúmenes de 3 000 m³/campaña. El primer cultivo de frejol vainita se cosechó el 3/04/2018. Luego se sembró el segundo cultivo de maíz forrajero, 26/04/2018, que se cosechó el 8/8/2018. Luego se sembró el segundo cultivo de frejol vainita, 15/08/2018, que se cosechó el 27/10/2018.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del contenido volumétrico de agua del suelo medido a profundidad de 20 cm, indican que existen diferencias significativas entre los sistemas de labranza para este parámetro. La Figura 1, muestra los resultados de la prueba de significación de Tukey ($\alpha = 0,05$) donde se muestra claramente la superioridad de los tratamientos de no labranza (NL) y labranza vertical (LV) con 19,73% y 17,16% respectivamente, siendo similares estadísticamente, pero diferentes al tratamiento de labranza horizontal (LH) con 13,80%, con lo cual se concluye que estos sistemas de labranza de conservación tienen un efecto positivo en la retención de humedad del suelo.

Los promedios de la capacidad de almacenamiento de agua del suelo en la presente investigación son distintos a los reportados en la investigación de Olivet *et al.* (2019) quienes concluyen que la capacidad de almacenamiento de agua es mayor en los suelos con LV.

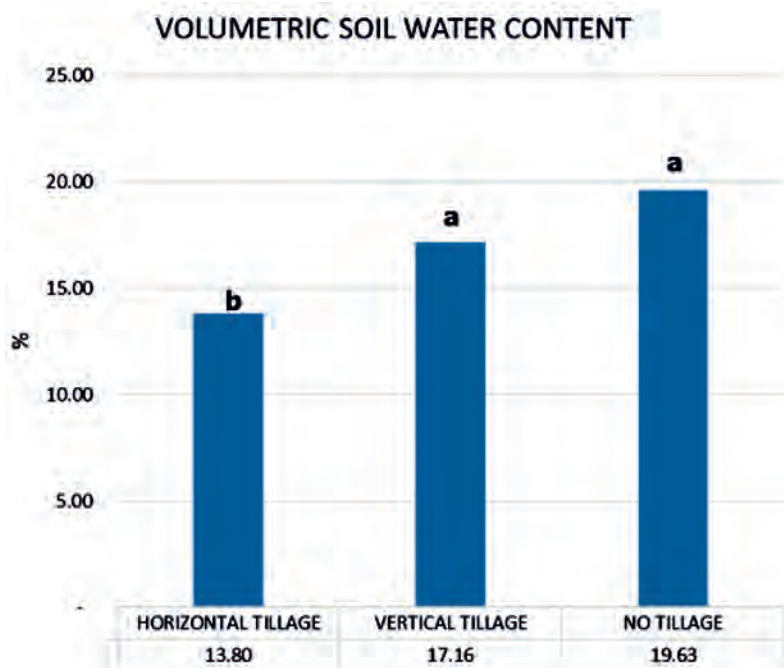


FIGURE 1. Effect of tillage system in volumetric soil water content. Means with the same letter do not differ significantly ($p \leq 0.05$).
 FIGURA 1. Efecto del sistema de labranza en el contenido volumétrico de agua del suelo. Medias con la misma letra no difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

Results of soil temperature measured at a depth of 20 cm, show that there are no statistically significant differences ($\alpha = 0.05$), between the tillage systems.

However, the average soil temperature for the no-tillage treatment (20.23 °C) was slightly lower, followed by vertical tillage (21.05 °C) and horizontal tillage (21.35 °C), Figure 2.

Los resultados de la temperatura del suelo medida a profundidad de 20 cm., muestran que no existen diferencias estadísticas significativas ($\alpha = 0,05$), entre los sistemas de labranza.

Sin embargo, la temperatura del suelo en promedio para el tratamiento de no labranza (20,23 °C) fue ligeramente menor, seguido de labranza vertical (21,05 °C) y labranza horizontal (21,35°C) respectivamente, Figura 2.

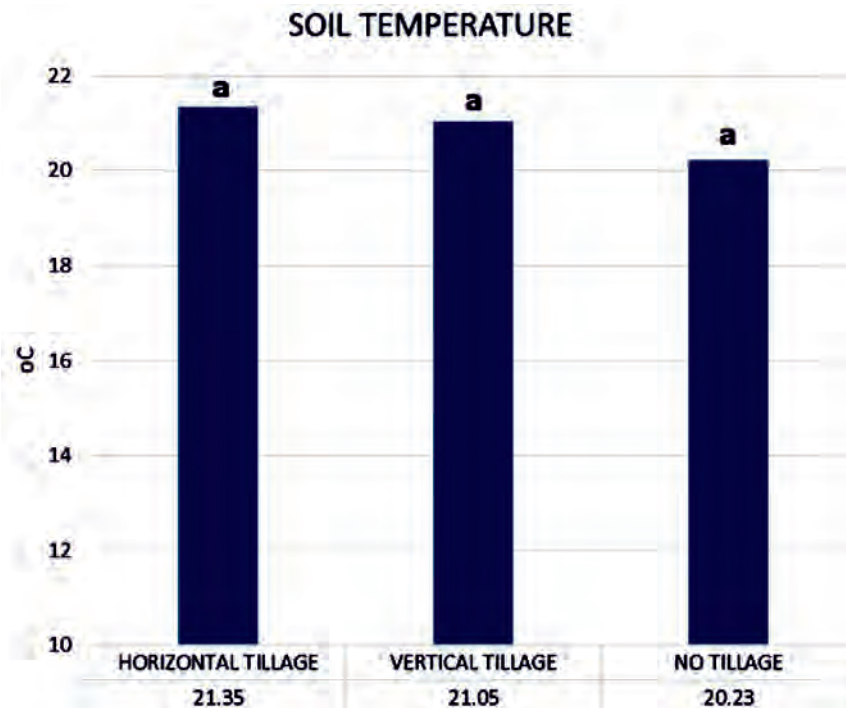


FIGURE 2. Effect of the tillage system on soil temperature. Means with the same letter do not differ significantly ($p \leq 0.05$).
 FIGURA 2. Efecto del sistema de labranza sobre la temperatura del suelo. Medias con la misma letra no difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

For the no-tillage treatment, the presence of residues on the surface and the higher proportion of water in the soil apparently contributed to the regulation and reduction of the edaphic temperature in the last seasons (2nd Fodder corn season and 2nd Green bean season, respectively). These elements reduce water losses caused by evaporation, as the residues function as a protective cover (mulch) to water and external factors such as solar radiation, wind, humidity and temperature, according to Yoo *et al.* (2006). It proved NT with management of residues on the soil and crop rotation is promising in terms of reduction and regulation of soil temperature in a 20 cm stratum, with better results from the second year.

Water stress results show that there are significant differences ($\alpha = 0.05$), between the tillage systems. The superiority of the no-tillage treatment (NT) with 16.52 % is clearly shown, compared to the vertical tillage (VT) treatments with 18.92% and horizontal tillage (HT) with 20.57%, respectively, which were statistically the same. It allows concluding that the no-tillage treatment (NT) has a positive effect in terms of reducing water stress or increasing the turgor of plant leaves, Figure 3.

Para el tratamiento de no labranza la presencia de residuos en la superficie y la mayor proporción de agua en el suelo al parecer contribuyeron en la regulación y reducción de la temperatura edáfica en las últimas campañas (2da. campaña de maíz y 2da. campaña de frejol respectivamente), pudiendo disminuir las pérdidas de agua ocasionadas por evaporación, al funcionar los restos como cubierta protectora (mulch) al agua y factores externos como la radiación solar, el viento, la humedad y la temperatura según Yoo *et al.* (2006)IL (silt loam soil, demostrando ser la NL con manejo de residuos sobre el suelo y rotación de cultivos, prometedor en cuanto a disminución y regulación de la temperatura del suelo en estrato de 20 cm, con mejores resultados a partir del segundo año.

Los resultados del estrés hídrico muestran que existen diferencias significativas ($\alpha = 0,05$), entre los sistemas de labranza. Se muestra claramente la superioridad del tratamiento de no labranza (NL) con 16,52%, en comparación a los tratamientos de labranza vertical (LV) con 18,92% y labranza horizontal (LH) con 20,57% respectivamente, que fueron iguales estadísticamente, con lo cual se concluye que el tratamiento de no labranza (NL) tienen un efecto positivo en cuanto a la disminución del estrés hídrico o aumento en la turgencia de las hojas de las plantas, Figura 3.

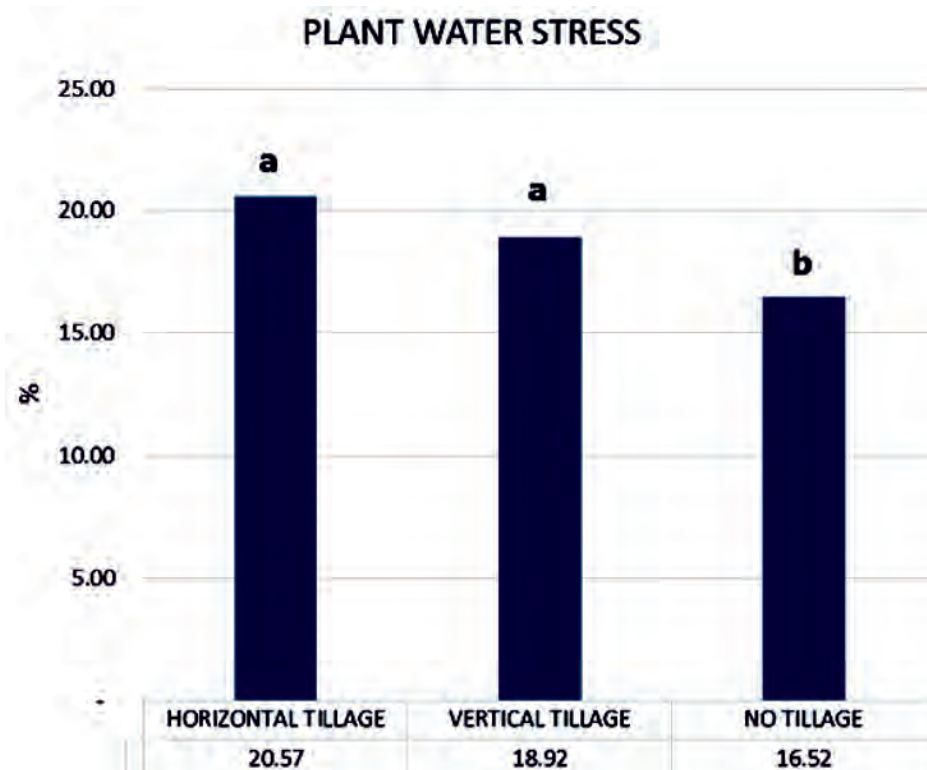


FIGURE 3. Effect of tillage system on plant water stress. Means with the same letter do not differ significantly ($p \leq 0.05$).
 FIGURA 3. Efecto del sistema de labranza sobre el estrés hídrico de la planta. Medias con la misma letra no difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

Results obtained in this research agree with those reported by Navarro (2000), who, when investigating the effect of tillage on soil structure, germination and development of corn and beans, reports that soils maintain a better structural state in undisturbed sites or with little soil movement, which reduces soil moisture losses and, therefore, reduces water stress in plants.

Los resultados obtenidos en la presente investigación concuerdan con los reportados por Navarro (2000), que, al investigar el efecto de la labranza sobre la estructura del suelo, la germinación y el desarrollo del maíz y frejol reporta que los suelos mantienen un mejor estado estructural en sitios sin perturbar o con poco movimiento de suelo, lo cual reduce las pérdidas de humedad del suelo y por lo tanto disminuye el estrés hídrico en las plantas.

Crop yield data indicate that there are no statistically significant differences between tillage systems; neither for the cultivation of fodder corn nor for the cultivation of green beans, Figures 4 and 5.

Los datos de rendimiento del cultivo indican que no existen diferencias estadísticas significativas entre los sistemas de labranza; ni para el cultivo de maíz chala ni para el cultivo de frejol, Figuras 4 y 5.

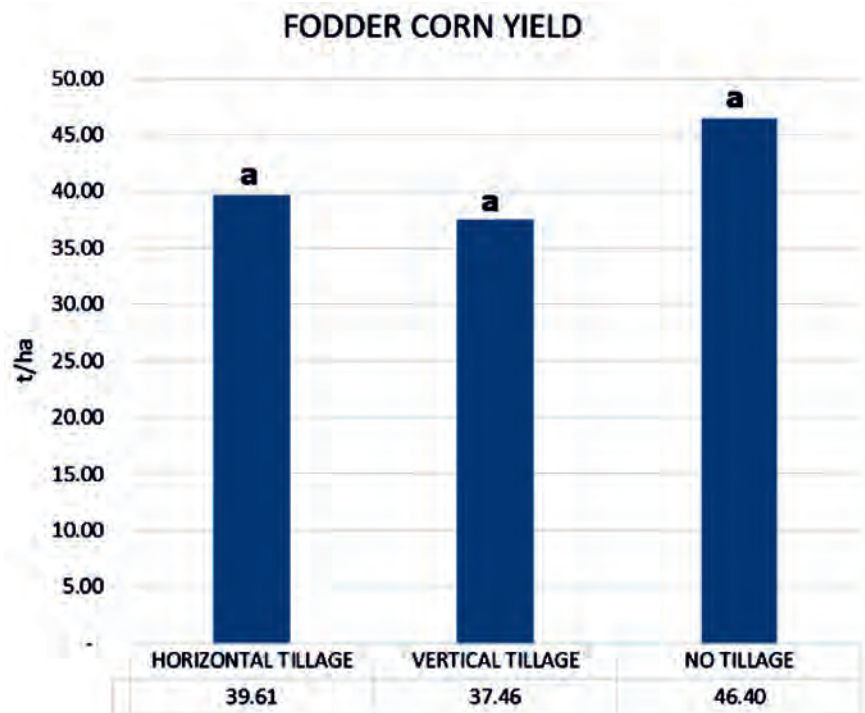


FIGURE 4. Effect of tillage system on fodder corn yield. Means with the same letter do not differ significantly ($p \leq 0.05$).
 FIGURA 4. Efecto del sistema de labranza sobre la producción de maíz forrajero. Medias con la misma letra no difieren significativamente ($p \leq 0.05$).

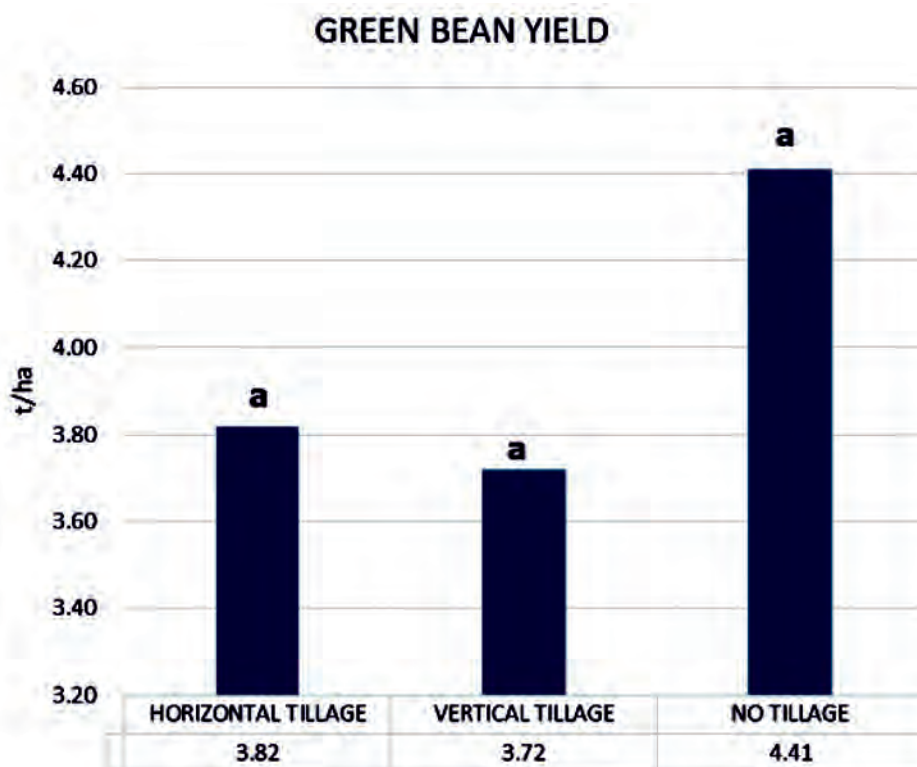


FIGURE 5. Effect of the tillage system on green bean yield. Means with the same letter do not differ significantly ($p \leq 0.05$).
 FIGURA 5. Efecto del sistema de labranza sobre la producción de frejol, Arequipa, 2017. Medias con la misma letra no difieren significativamente ($p \leq 0.05$).

Results obtained during this work were similar to those found by Prieto *et al.* (2010) who did not find significant differences on the yields of corn and cotton crops for three tillage systems, concluding that two years of soil management were not enough to achieve significant improvements.

CONCLUSIONS

- The volumetric water content of soil, to 0.20 m is significantly reduced when Horizontal Tillage is used.
- There are no differences in soil temperature, to 0.20 m, between the 3 tillage treatments.
- Water stress in plants is significantly reduced when No Tillage is used.
- There are no differences in the yield of the crop of fodder corn or green beans, between the three tillage treatments.
- No Tillage is the recommended treatment to optimize the three parameters of the soil investigated in this work.

REFERENCES

- BOGUŽAS, V., SINKEVIČIENĖ, A., ROMANECKAS, K., STEPONAVIČIENĖ, V., SKINULIENĖ, L., BUTKEVIČIENĖ, L. M.: "The impact of tillage intensity and meteorological conditions on soil temperature, moisture content and CO₂ efflux in maize and spring barley cultivation Žemės dirbimo intensyvumo ir meteorologinių sąlygų įtaka dirvožemio temperatūrai, drėgmei ir CO₂ emisij". *Zemdirbyste-Agriculture*, 105(4): 307–314, 2018, <https://dx.doi.org/10.13080/z-a.2018.105.039>
- BOULAL, H., GÓMEZ-MACPHERSON, H., GÓMEZ, J. A., MATEOS, L.: "Effect of soil management and traffic on soil erosion in irrigated annual crops". *Soil and Tillage Research*, 115–116, 62–70, 2011, <https://dx.doi.org/10.1016/j.still.2011.07.003>
- FAO AND ITPS: *Status of the World's Soil Resources. Intergovernmental Technical Panel on Soils*. Retrieved from www.fao.org/publications/0Ahttp://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf, 2015.
- GARCÍA R., D. Y., CÁRDENAS H., J. F., SILVA PARRA, A.: "Evaluación de sistemas de labranza sobre propiedades físico-químicas y microbiológicas en un Inceptisol". *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1):, 16, 2018, <https://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.79>
- HERRERA, P. J., MARTÍNEZ, S. J. A., RODRÍGUEZ, M. S. A.: "Efecto de dos sistemas de labranza sobre la infiltración en suelos Ferralíticos Rojos", *Revista Ingeniería Agrícola*, 7(4): 3–10, 2017, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: **2227-8761**.
- JONES, A., PANAGOS, P., BARCELO, S., BOURAOUI, F., BOSCO, C., DEWITTE, O., VIESTOVA, E.: "State of Soil in Europe". *JRC Reference Reports*, 78, 2012. <https://dx.doi.org/10.2788/77361>
- LÓPEZ, M. V., BLANCO, N., LIMÓN, M. ÁNGELES, GRACIA, R.: "No tillage in rainfed Aragon (NE Spain): Effect on organic carbon in the soil surface horizon". *Soil and Tillage Research*, 118: 61–65, 2012, <https://dx.doi.org/10.1016/j.still.2011.10.012>
- LOUWAGIE, G., GAY, S. H., SAMMETH, F., RATINGER, T.: "The potential of European Union policies to address soil degradation in agriculture". *Land Degradation and Development*, 22(1): 5–17, 2011, <https://dx.doi.org/10.1002/ldr.1028>
- LUNDY, M. E., PITTELKOW, C. M., LINQUIST, B. A., LIANG, X., VAN GROENIGEN, K. J., LEE, J., VAN KESSEL, C.: "Nitrogen fertilization reduces yield declines following no-till adoption". *Field Crops Research*, 183(August), 204–210, 2015, <https://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2015.07.023>
- MARTÍNEZ, S. J. A., RODRÍGUEZ, M. S. A., WONG, M. S. M.: "Influencia de dos sistemas de labranza sobre las propiedades físicas de un suelo Ferralítico rojo", *Revista Ingeniería Agrícola*, 8(1): 41–46, 2018. ISSN: 2306-1545, e-ISSN: **2227-8761**.
- MOLINA, D., CADENA, M., CAMPOS, S., ZERMEÑO, A.: "Efectos de tres sistemas de labranza y mejoradores de suelo en la disponibilidad de humedad y volumen de exploración de raíces". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(2007–0934), 719–727, 2012.
- NICHOLS, V., VERHULST, N., COX, R., GOVAERTS, B.: "Weed dynamics and conservation agriculture principles: A review". *Field Crops Research*, 183, 56–68, 2015, <https://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2015.07.012>
- OLIVET, R. Y., ORTIZ, R. A., COBAS, H. D.: "Efecto de dos sistemas de labranza mínima sobre la humedad de un suelo Fluvisol para cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.)", *Revista Granmense De Desarrollo Local*, 46(1), 18–23, 2019.
- PALM, C., BLANCO, H., DECLERCK, F., GATERE, L., GRACE, P.: "Conservation agriculture and ecosystem services: An overview". *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 187: 87–105, 2014, <https://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.10.010>
- PITTELKOW, C. M., LIANG, X., LINQUIST, B. A., VAN GROENIGEN, L. J., LEE, J., LUNDY, M. E., VAN KESSEL, C.: "Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture". *Nature*, 517(7534): 365–368, 2015, <https://dx.doi.org/10.1038/nature13809>
- PRIETO B; PEROZA, J; GRANDET, G.: "Efecto de labranza y manejo de materiales orgánicos sobre algunas propiedades físicas y químicas de un Vertic endoaquept del valle del Sinu, Córdoba Colombia". *Temas Agrarios*, 15(2), 27–36, 2010.
- YOO, G., NISSEN, T. M., WANDER, M. M.: "Use of Physical Properties to Predict the Effects of Tillage Practices on Organic Matter Dynamics in Three Illinois Soils". *Journal of Environmental Quality*, 35(4), 1576–158, 2006, <https://dx.doi.org/10.2134/jeq2005.0225>

Los resultados obtenidos durante este trabajo fueron similares a los encontrados por Prieto *et al.* (2010) que no encontraron diferencias significativas sobre los rendimientos de los cultivos de maíz y algodón para tres sistemas de labranza, concluyendo que dos años de manejo en el suelo no eran suficientes para lograr mejoras significativas.

CONCLUSIONES

- El contenido volumétrico de agua suelo, hasta los 0,20 m se reduce significativamente cuando se utiliza la LH.
- No existen diferencias en la temperatura del suelo, hasta los 0,20 m, entre los 3 tratamientos de labranza.
- El estrés hídrico en las plantas, se reduce significativamente cuando se utiliza la NL.
- No existen diferencias en el rendimiento del cultivo de maíz forrajero o frejol, entre los tres tratamientos de labranza.
- La NL es el tratamiento recomendado, para optimizar los tres parámetros del suelo investigados en el presente trabajo.

ZHENG, H., LIU, W., ZHENG, J., LUO, Y., LI, R., WANG, H., QI, H.: "Effect of long-term tillage on soil aggregates and aggregate-associated carbon in black soil of northeast China". *PLoS ONE*, 13(6), 1–19, 2018, <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0199523>

Godofredo Peña-Dávila, Professor, National University of San Agustín, Faculty of Agronomy, Urb. Aurora s / n, Arequipa, Peru, e-mail: gpena@unsa.edu.pe ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1816-608X>

Jhonatan Rodríguez-Parra Alfaro, Professor, National University of San Agustín, Faculty of Agronomy, Urb. Aurora s / n, Arequipa, Peru, e-mail: david.arequipa2014@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8035-5623>

Héctor Medina-Dávila, Professor, National University of San Agustín, Faculty of Agronomy, Urb. Aurora s / n, Arequipa, Peru, e-mail: hmedinad@unsa.edu.pe ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3416-7154>

Guido Sarmiento-Sarmiento, Professor, National University of San Agustín, Faculty of Agronomy, Urb. Aurora s / n, Arequipa, Peru, e-mail: [gsarmientos@unsa.edu.edu.pe](mailto:gsarmientos@unsa.edu.pe) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1420-2186>

The authors of this work declare no conflict of interests.

This item is under license Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

The mention of trademarks of specific equipment, instruments or materials is for identification purposes, there being no promotional commitment in relation to them, neither by the authors nor by the publisher.

