

15

Fecha de presentación: septiembre, 2020

Fecha de aceptación: octubre, 2020

Fecha de publicación: diciembre, 2020

YESO AGRÍCOLA Y ROTURACIÓN COMO PRÁCTICAS DE ACONDICIONAMIENTO FÍSICO DE SUELOS BANANEROS

AGRICULTURAL PLASTER AND ROTURATION AS PRACTICES FOR THE PHYSICAL CONDITIONING OF BANANA SOILS

Julio Chabla Carrillo¹

E-mail: jecabla@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9761-5890>

Salomón Barrezueta Unda¹

E-mail: sabarrezueta@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4147-9284>

Antonio Paz González²

E-mail: antonio.paz.gonzalez@udc.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6318-8117>

Edison Iván Cueva Rivera¹

Email: eicueva_est@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9177-7573>

¹ Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

² Universidad de la Coruña. España.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Chabla Carrillo, J., Barrezueta Unda, S., Paz González, A., & Cueva Rivera, E. I. (2020). Yeso agrícola y roturación como prácticas de acondicionamiento físico de suelos bananeros. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(3), 103-108.

RESUMEN

El impacto directo de las gotas de agua sobre el suelo de los sistemas de riego presurizados utilizados en plantaciones bananeras han provocado efectos negativos sobre sus propiedades físicas como el incrementó de la densidad aparente y la disminución de la porosidad, formando capas compactas. Ante el problema señalado se planteó evaluar el efecto de los mejoradores físico y químico en la compactación del suelo. El trabajo se desarrolló en dos fincas bananeras, en cada una tuvo los sistemas de riego subfoliar y suprafoliar. Dentro de cada sistema de riego se delimitó tres parcelas con tres repeticiones. Se analizó sus efectos en un perfil de 50 cm; se extrajeron muestras en estratos de 10 cm, en el cual se determinó la densidad aparente (D_a), porosidad total (P_t), además la resistencia a la penetración (RPS). La D_a en ambos suelos, con sistemas de riego diferente, se mantuvo por debajo de $1,19 \text{ g.cm}^{-3}$ no hubo diferencias significativas entre tratamientos, mostrando una mayor diferencia a los 20 cm de profundidad. En cambio, los valores de porosidad determinaron diferencias significativas de la roturación respecto a los otros tratamientos que logró valores de hasta 62,36% en el primer estrato. En lo que respecta al mejorador químico la reducción de la compactación fue gradual con valores de 857.51 kPa en el testigo a 421.24 kPa en 90 días de aplicación, con la roturación fue de 857,51 kPa a 132,63 kPa. Se puede atribuir que el sistema de riego subfoliar, la energía cinética con que las gotas de agua llegan al suelo, no afecta mayormente la estructura del suelo, no sucede lo mismo con la influencia de los sistemas de riego suprafoliar.

Palabras clave:

Banano, porosidad, compactación, densidad aparente, resistencia a la penetración.

ABSTRACT

The direct impact of water droplets on the soil of pressurized irrigation systems used in banana plantations have caused negative effects on their physical properties such as increased bulk density and decreased porosity, forming compacted layers. Faced with the problem raised evaluate the physical and chemical effect on soil compaction. The work was developed in two banana farms, in each one it had implied the systems of subfoliar and suprafoliar irrigation. Within each irrigation system 3 plots with three repetitions were delimited. Its effects on a profile of 50 cm were analysed; samples were taken in strata of 10 cm, determining the D_a , porosity, as well as the resistance to penetration. The D_a in both soils with different irrigation systems, remained below 1.19 g.cm^{-3} there were no significant differences between treatments, showing a greater difference at 20 cm depth. On the other hand, the porosity values determined significant differences of the ploughing with respect to the other treatments that achieved values of up to 62.36% in the first stratum. Regarding the chemical improver, the reduction of compaction was gradual with values from 857.51 kPa in the control to 421.24 kPa in 90 days of application, with the break was from 857.51 kPa to 132.63 kPa. It can be attributed that the subfoliar irrigation system, the kinetic energy with which the water drops reach the soil, does not affect mostly the structure of the soil, the same does not happen with the influence of the supra-foliar irrigation systems.

Keywords:

Banana, porosity, compaction, apparent density, penetration resistance.

INTRODUCCIÓN

Las propiedades físicas del suelo cumplen un papel importante en el desarrollo de los cultivos como proporcionar un ambiente adecuado para la aireación, capacidad de retención del agua, o una correcta distribución y crecimiento de sus raíces. Esto permite una buena absorción de agua y nutrientes a las plantas. Sin embargo, pueden sufrir cambios, por el manejo inadecuado de los sistemas de riego presurizados, utilizados en las plantaciones de banano, principalmente por el impacto que producen las gotas de agua provenientes de los emisores (aspersores), cuando estas llegan al suelo con una determinada energía. Esto provoca cambios en ciertas propiedades físicas del suelo como: el incremento de la densidad aparente y por lo tanto, la disminución de la porosidad.

Los suelos de la zona bananera de la provincia de El Oro (Ecuador), por su origen aluvial poseen altos contenidos de limo y bajos porcentajes de materia orgánica ocasionan aumentos de la compactación en los suelos. Gubiani, et al., (2013), relacionaron la compactación del suelo sobre la productividad del cultivo y con variables sensibles, como la resistencia a la penetración, densidad aparente, porosidad, materia orgánica y contenido de humedad, planteando estrategias para el mejoramiento de las propiedades físicas mediante la aplicación de mejoradores de diferentes naturalezas (química y física), que han demostrado cambios esenciales en la estructura del suelo.

En este contexto, prácticas como la roturación del suelo, permiten en cierta medida la incorporación de residuos orgánicos y la aplicación de Sulfato de calcio (CaSO_4) que forman agregados, ayudan a elevar la porosidad y retención de agua mejorando la calidad física del suelo. Acosta, et al. (2017), consideran que una de las alternativas para reducir la compactación de los suelos es la aplicación de yeso agrícola. Muguero, et al. (2017), indicaron que la adición de agentes químicos como el yeso y materia orgánica, mejoran la estabilidad de agregados y por ende la estructura del suelo. Gordon, et al. (1992), mencionan que la ventaja de aplicar yeso es regular el pH y la permeabilidad de los suelos, factores que posibilitan la disponibilidad de los nutrientes.

El sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$), se ha aplicado como enmienda del suelo por mucho tiempo dentro del ámbito agropecuario el cual es de bajo costo y aumenta la productividad de los cultivos. En el caso de suelos con alta presencia de sodio, el calcio ayuda a remplazar, formando en el suelo sulfato de sodio que es fácilmente lavable (Trasviña, et al., 2018).

Con el objetivo de evaluar los efectos de mejoradores de suelo sobre las propiedades físicas, densidad aparente, porosidad total y resistencia a la penetración en predios cultivados con banano, bajo un sistema de riego presurizado, se utilizó un tratamiento físico (roturación) y químico (Sulfato de Calcio).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en dos fincas bananeras ubicadas sitio la Unión en la provincia de El Oro (Ecuador), entre las siguientes coordenadas geográficas (tabla 1, figura 1). La temperatura promedio anual es de 26°C y la precipitación

media es de 750 mm al año (Ecuador. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2008; Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2011). Los suelos en la zona son de origen aluvial con clases texturales que van de franco, franco limoso y franco arenoso con un bajo contenido de materia orgánica (<2%) clasificados como Entisoles.

Tabla 1. Ubicación de los predios.

Fincas	Provincia	Cantón	Parroquia	Coordenadas	
				Longitud	Latitud
La Fátima*	Oro	Machala	El Cambio	$3^\circ 17' 44'' \text{ S}$	$79^\circ 52' 42'' \text{ W}$
El Carmen**	Oro	Machala	El Cambio	$3^\circ 18' 02'' \text{ S}$	$79^\circ 51' 58'' \text{ W}$

Con riego subfoliar ** Con riego suprafoliar

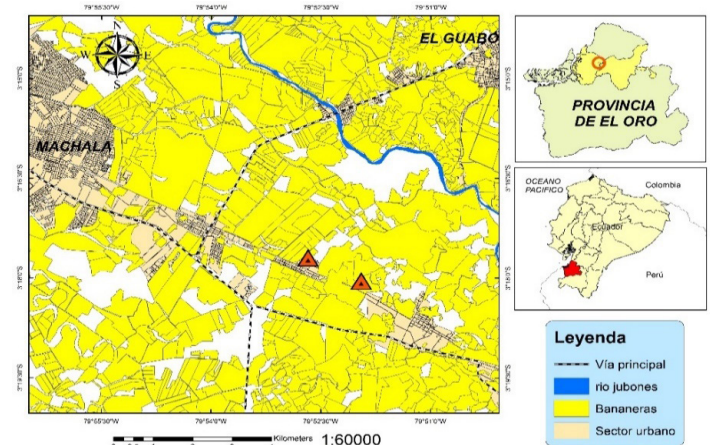


Figura 1. Localización de los predios bananeros donde se efectuó el ensayo.

En cada tratamiento (T1, T2, T0), se identificó 10 plantas prontas a la aparición del racimo. El tamaño de las parcelas en el sistema de riego suprafoliar y testigo fue de $20\text{m} \times 20\text{m}$, en el sistema de riego subfoliar de $12\text{m} \times 24\text{m}$ (figura 2).



Figura 2. Dimensiones de las áreas de muestreo en los riegos subfoliar y suprafoliar de las fincas.

En cada parcela se construyeron tres calicatas, se tomaron muestras no inalteradas por cada estrato con cilindros metálicos biselado de 5,4 m de diámetro por 5 cm de alto, lo que generó un total de 90 muestras a cinco profundidades diferentes, desde la superficie hasta 10 cm, de 10 a 20 cm, 20 a 30 cm, 30 a 40 cm y de 40 a 50 cm, fueron codificadas

y llevadas al laboratorio para determinar las diferentes propiedades físicas de acuerdo a los protocolos establecidos por **United States Department of Agriculture** (2014).

En cada finca se delimitaron tres parcelas experimentales con tres repeticiones, donde se aplicaron los tratamientos:

- T1 = Químico: sulfato de calcio (SO₄Ca. ½ H₂O al 98% de pureza), aplicándose 400 g por planta en la semicircunferencia de 60 cm de radio alrededor del retorno (hijo).
- T2 = Físico: Se realizó la roturación del suelo con una herramienta similar a un trinche con dientes de 25 cm de longitud y se efectuó cuatro perforaciones en un semicírculo alrededor del retorno.
- T0 = Testigo: No se aplicó ningún tratamiento al suelo

El procesamiento y análisis de las muestras fueron efectuadas en el laboratorio de suelos de la Universidad de Machala siguiendo los métodos dado en la tabla 2, tomado de **United States Department of Agriculture** (2014).

Tabla 2. Métodos usados en la determinación de parámetros hidrofísicas de los suelos de las fincas.

Parámetros	Métodos	Tamaño Muestra
Densidad aparente, Da (g.cm ⁻³)	Relación: Masa/volumen	90
Densidad Real, Dr (g.cm ⁻³)	Picnómetro	90
Porosidad Total, Pt (%)	Relación de densidades	90
Clase textural	Bouyoucos	90

Mediante un penetrometro digital marca FIELDSCOUT modelo: SC-900 (Spectrum, Aurora, IL, USA), se midió, cada 2.5 cm de profundidad la resistencia a la penetración del suelo en las fincas con sistemas de riego subfoliar y suprafoliar. En cada uno de los tratamientos a distancias parciales de 2 m a lo largo del radio de descarga del emisor en sus cuatro ejes orientados con el norte geográfico, a partir de la torre. Se introdujo el eje del penetrometro de punta cónica a velocidad constante de 7 cm min⁻¹ al igual que su salida.

Los datos obtenidos en campo se procesaron en una base de datos diseñado por el software del mismo equipo, la cual agrupa los datos en estratos que han sido registrados en el data logger del equipo, mediante el puerto RS-232 del equipo y la PC, se descargaron los datos, para el posterior procesamiento en una hoja de cálculo considerando las profundidades en estudio.

Para interpretar los datos obtenidos se utilizó la escala dada por Zerpa et al. (2013), que toma en consideración la condición del suelo para el desarrollo de la rizósfera, de acuerdo el grado de resistencia edáfica (tabla 3).

Tabla 3. Escala de referencia para interpretación de la resistencia a la penetración de la capa edáfica.

RPS (kPa)	Condición
≤ 900	Sin restricciones, buenas condiciones
900 – 1400	Leves restricciones
1400 – 2000	Moderadas a severas restricciones
> 2000	Restrictivo para el enraizamiento, malas condiciones

Análisis estadístico, Se realizó un análisis de varianza multifactorial para evaluar los efectos de los mejoradores en las propiedades físicas del suelo. El método para discriminar entre las medias fue el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey (P < 0,05). Se empleó el programa estadístico STATGRAPHICS, para los valores obtenidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 4, se muestran los valores de Da por tratamiento. La parcela con riego suprafoliar en el tratamiento de testigo mostró el mayor valor de densidad aparente en los primeros 10 cm (1,33 g.cm⁻³). El valor más bajo de Da en los tratamientos fue de 0,96 g.cm⁻³, obtenido entre cero a 10 cm en la parcela con riego subfoliar y roturación, llegando a aumentar los valores a 1,24 g.cm⁻³ entre los 40 a 50 cm de profundidad. Con la aplicación del sulfato de calcio la densidad varió de 1,16 a 1,23 g.cm⁻³ de la capa superficial hasta los 50 cm, sus valores fueron similares al tratamiento con roturación. Ambos tratamientos mostraron valores similares a los obtenidos por Cañizares (2018).

Por otra parte, las parcelas testigo mostraron un bajo coeficiente de variación (2,61 %), lo que indica poca variabilidad en el perfil, mientras que en los otros tratamientos de roturación el CV varió de 7,2 % (suprafoliar) a 10,2 % (subfoliar), alta variabilidad en el perfil que pudo ser provocada por la manipulación irregular de la roturación mecánica.

Los tratamientos con yeso agrícola indicaron significancia estadística con el resto de tratamientos, asumiéndose que existe una tendencia a la degradación de los suelos y que aumenta conforme incrementa su profundidad y que da referencia que una elevada densidad incide en el desarrollo de las raíces de sus cultivos, pero todas estas densidades están por debajo de la densidad crítica de 1.63 g. cm⁻³ determinadas por Bustamante León, et al. (2018), en suelos Inceptisoles bananeros oreñoses.

La ligera disminución de la Da por debajo de la capa de 20 cm con aplicación del yeso en el sistema de riego subfoliar, es la agrupación de las partículas que ejerce el yeso que se deposita en las capas inferiores del suelo con el transcurrir del tiempo y disminuye el valor de Da (Shainberg & Summer, 1989).

Tabla 4. Efecto de los tratamientos en la densidad aparente del suelo (g.cm⁻³) con los dos sistemas de riego presurizado.

Profundidad (cm)	SUPRAFOLIAR			SUBFOLIAR		
	Testigo	Yeso Agrícola	Roturación	Testigo	Yeso Agrícola	Roturación
0-10	1,33	1,12	1,01	1,20	1,16	0,96
10-20	1,29	1,16	1,09	1,23	1,19	1,06
20-30	1,25	1,24	1,16	1,27	1,25	1,14
30-40	1,26	1,25	1,17	1,26	1,23	1,21
40-50	1,28	1,25	1,22	1,28	1,23	1,24
Media	1,25 b	1,20 ab	1,13 a	1,25 b	1,21 ab	1,12 a

Desviación estandar	0,03	0,06	0,08	0,03	0,04	0,11
Coefficiente de variación (%)	2,6%	5,0%	7,2%	2,61%	3,06%	10,2%

Letra diferente indica significancia estadística (p-value < 0,05)

En la figura 3, se visualiza que los valores más alto de densidad aparente, se encontró en suelo que tienen sistema de riego suprafoliar especialmente en el testigo donde su valor es superior a 1,2 g.cm⁻³, lo que permite suponer cierto efecto de la energía con que las gotas de agua llegan a la superficie del suelo provocando la ruptura de la estructura y la eluviación de las partículas más finas a los estratos inferiores. El resultado anterior no concuerda a lo señalado por Anikwe, et al. (2016), que explican que la aplicación de yeso reduce el 17% de la Da con efectos significativos a los 90 días, mientras que en el presente ensayo solo redujo el 4% de la densidad.

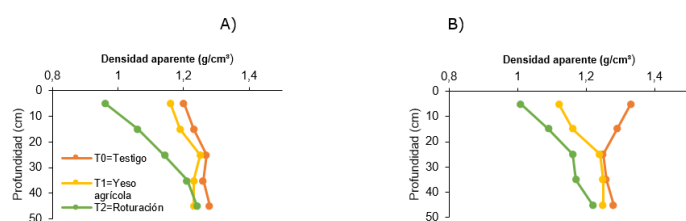


Figura 3. Dinámica de la densidad aparente (g.cm⁻³) en perfiles de suelos. A) Con incidencia de riego presurizados subfoliar y B) con incidencia de riego presurizado suprafoliar.

La porosidad (tabla 5), se vio influenciada directamente por la roturación, hasta los 30cm de profundidad, estableciendo una diferencia significativa respecto a la aplicación de los otros tratamientos presentando en los primeros 10 cm un valor de 62,24% con una media de 56,32% en fincas con sistema de riego subfoliar y en el sistema suprafoliar valores más bajos de 60,11% en el primer estrato con una media de 56,68% dentro del perfil. Los suelos de estas fincas contienen bajos niveles de materia orgánica y mayores contenidos de arena y limo cuyos valores de porosidad son similares a los obtenidos por Dragui & Cerisola (2014), utilizando subsoladores de 0.25 m de profundidad que logró descompactar los suelos y mejorando la porosidad en los primeros 30 cm del perfil.

Tabla 5. Efecto de la roturación y el yeso agrícola en la Porosidad del suelo, con los dos sistemas de riego presurizado.

Profundidad (cm)	SUPRAFOLIAR			SUBFOLIAR		
	Testigo	Yeso Agrícola	Roturación	Testigo	Yeso Agrícola	Roturación
0-10	46,95	55,16	60,11	50,16	54,35	62,24
10-20	49,48	53,58	58,26	49,7	53,24	58,3
20-30	52,43	52,37	55,89	48,42	47,88	55,08
30-40	51,99	52,29	55,39	50,05	50,64	53,64
40-50	51,33	52,39	53,74	49,78	50,01	52,34

Media	50,44 b	53,16 b	56,68 a	49,62 b	51,22 b	56,32 a
Desviación estandar	2,25	1,24	2,51	0,70	2,59	3,99
Coefficiente de variación (%)	4,46%	2,33%	4,43%	1,41%	5,06%	7,08%

La mayor variabilidad de la porosidad en el perfil del suelo, se presentó con la roturación tanto en las fincas con sistemas de riego subfoliar como suprafoliar, seguido del tratamiento con sulfato de calcio y por último el testigo que mostró el menor coeficiente de variación con 1,41% en fincas con sistemas de riego subfoliar, inferior a los datos obtenidos con el riego suprafoliar cuyo coeficiente de variación es superior con 4,46%, atribuyendo estos valores a la eluviación de las partículas finas de suelo a los diversos estratos en la profundidad, considerando que a mayor porosidad generan mayor aireación y humedad al suelo.

En la figura 4, se visualiza la dinámica del porcentaje de porosidad, obteniéndose los valores más altos con la roturación, seguido del tratamiento con sulfato de calcio y sus menores porcentajes se presentan con el testigo que obtuvo valores de 46,95 y 50,16% muy cercano a lo determinado por Villa Guerrero, et al., (2018), que determinaron valores cercanos al 40% de porosidad, manteniendo un comportamiento similar hasta los 30 cm en las fincas con sistema de riego subfoliar y suprafoliar, llegando a valores de hasta 62,24% en los primeros 10 cm, similares a los obtenidos por López & González (2012), con una porosidad de 63,3 %, los mismo que disminuye conforme aumenta la profundidad debido a la alta presencia de arena en las capas inferiores del perfil.

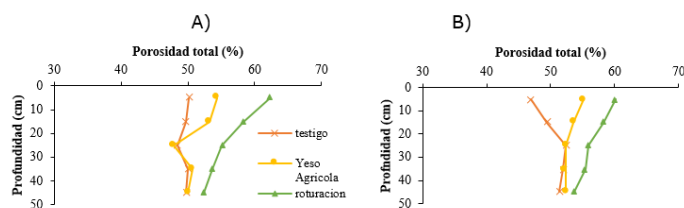


Figura 4. Dinámica de la porosidad total (%) en los perfiles de suelos. A) con incidencia de riego presurizados subfoliar y B) con incidencia de riego presurizado suprafoliar.

La dinámica de los valores de la resistencia a la penetración (tabla 6), detalla el efecto de los mejoradores, con valores más bajos respecto al testigo, en los tres tratamientos el valor medio de la RPS es inferior a 1000 kPa que según a los establecido por Materechera, et al. (1991), su sistema radicular no sufren ninguna restricción en su desarrollo, provocada por la resistencia a la penetración del suelo mientras que Quiroga, et al. (2017), indican que generalmente valores mayores a 2000 kPa reducen la concentración de N, K y a su vez el sistema radicular; sin embargo, en el cultivo de banano cuando su valor RPS es mayor a 800 kPa, se encontraron plantas de banano volcadas y con fracciones de las raíces en el cormo de la planta de una longitud de alrededor de 10 cm, lo que definió a este valor como límite superior para lograr un normal desarrollo del sistema radicular del cultivo.

Tabla 6. Efecto de los tratamientos en la Resistencia a la penetración (kPa) del suelo en los dos sistemas de riego presurizado.

Profundidad (cm)	SUPRAFOLIAR			SUBFOLIAR		
	Testigo	Yeso Agrícola	Roturación	Testigo	Yeso Agrícola	Roturación
0-10	775,23	450,77	157,78	857,51	421,24	132,63
10-20	887,31	864,04	405,68	859,00	694,22	394,82
20-30	923,18	1012,40	710,41	896,01	604,10	846,39
30-40	1116,04	1020,81	1055,68	769,93	538,18	739,44
40-50	1146,34	1136,79	1065,78	609,10	515,78	421,28
Media	969,62 a	896,96 a	679,07 a	798,31 a	554,71 a	506,91 a
Desviación estandar	157,63	267,56	399,64	115,48	101,86	286,92
Coefficiente de variación (%)	16,26%	29,83%	58,85%	14,47%	18,36%	56,60%

Los datos obtenidos están en relación, a lo determinado por Mon (2007), donde señala que el efecto del yeso y la roturación mejoró las condiciones del suelo en los primeros 40 cm sin obtener resultados significativos de esta propiedad física en el perfil del suelo. Sin embargo, con la roturación en el sistema de riego subfoliar se obtiene valores de 132.63 kPa en los primeros 10 cm de suelo y aumenta a 846.39 kPa en los 30 cm que es su valor más alto, para posteriormente disminuir gradualmente hasta los 50 cm con un valor de 421,28 kPa.

La aplicación del yeso agrícola influyó a reducir la resistencia a la penetración a 421,24 kPa en los primeros 10 cm de suelo, luego incrementa su valor hasta los 20 cm de suelo con valores de 694.22 kPa y en los siguientes estratos disminuye a 515.78 kPa, en las fincas con sistemas de riego subfoliar; no tiene el mismo comportamiento en fincas sistema de riego suprafoliar, donde existía un pequeño lavado del yeso, por las escorrentías superficial, después de su aplicación de un riego. Según lo señalado por Shainberg & Summer (1989), el yeso se deposita en las capas inferiores del suelo y su mayor efecto se le atribuye a la presencia de coloides y materia orgánica (MO) y con la incorporación del calcio forma agregados al suelo que permite mayor porosidad ocasionando una reducción de la compactación, mejorando su estructura y por lo tanto una disminución de la resistencia a la penetración.

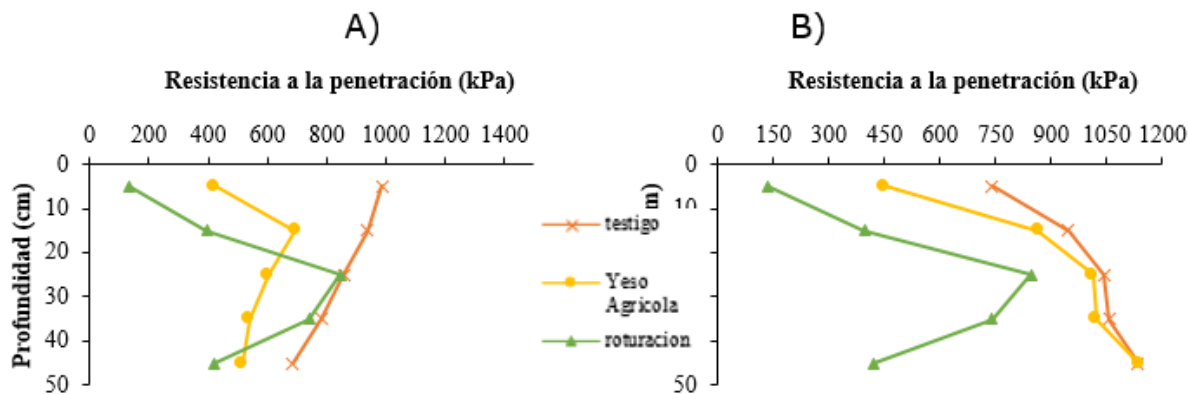


Figura 5. Dinámica de la resistencia a la penetración del suelo (kPa) en perfiles de suelos con A) sistema de riegos subfoliar, B) sistema de riego suprafoliar.

La dinámica de la resistencia a la penetración por los efectos de los mejoradores en el perfil del suelo (figura 5), mantienen valores más bajo, respecto al Testigo. La Resistencia a la penetración del suelo tiende a tener valores bajos 554,71 kPa con el mejorador de sulfato de calcio y 506,91 kPa con la roturación, en el riego subfoliar, influenciada por la presencia de arcillas y a la materia orgánica en el suelo.

Los coeficientes de variación en la resistencia a la penetración en suelos con riego suprafoliar son elevados llegando a 58,85% en el tratamiento con roturación, respecto a 29,83% con aplicación del sulfato de calcio, debido a que la compactación es diversa en todos sus estratos, se relaciona a los obtenidos por Henríquez & Ortiz (2011), cuyos valores de CV están alrededor de 42,18%

CONCLUSIONES

Los efectos del yeso y la roturación mejoraron las condiciones de densidad aparente y porosidad total en las fincas con sistemas de riego subfoliar en los primeros 40 cm del perfil de suelo. La aplicación del yeso agrícola influyó a reducir la resistencia a la penetración en las fincas con sistemas de riego subfoliar; no tiene el mismo comportamiento en fincas con sistema de riego suprafoliar. Se puede atribuir que el sistema de riego subfoliar, la energía cinética con que las gotas de agua llegan al suelo, no afecta mayormente la estructura del suelo, no sucede lo mismo con la influencia de los sistemas de riego suprafoliar donde la energía de una gota de agua puede llegar a 25 J. Kg⁻¹, rompiendo la estructura del suelo, provocando su compactación y la erosión de las partículas más finas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, L., Rivera, J., Marza, F., & Claire, T. (2017). Uso de yeso agrícola como enmienda en el cultivo de maíz forrajero en el valle central de Tarija. *Revista Científica de Investigación INFO-INIAF*, 4, 56.
- Anikwe, M., Eze, J., & Ibudialo, A. (2016). Influence of lime and gypsum application on soil properties and yield of cassava in a degraded ultisol in Agbani, Southwestern Nigeria. *Soil and Tillage Research*, (158), 32-38.
- Bustamante León, M., Chabla-Carrillo, J., & Barrezueta-Unda, S. (2018). La densidad y humedad crítica como indicadores de la compactación de suelos cultivados con banano. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 168-174.
- Dragui, L., & Cerisola, C. (2014). Consecuencias del tránsito durante la operación de siembra sobre la pérdida de porosidad libre del aire del suelo. *Rev. de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 113(2), 123 - 133.
- Ecuador. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2008). Mapa de climas de la República del Ecuador. INAMHI.
- Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2011). Mapa ecológico de la República del Ecuador. MAGAP.
- Gordon-Mendoza, R., González, A., Franco, J., De Gracia, N., De Herrera, A., & Raun, W. (1992). Evaluación de dosis y métodos de aplicación de azufre y su efecto residual en el cultivo de maíz en dos localidades de Azuero, Panamá. *Agronomía mesoamericana*, 3(1), 52-56.
- Gubiani, P. I., Goulart, R. Z., Reichert, J. M., & Reinert, D. J. (2013). Crescimento e produção de milho associados com o intervalo hídrico ótimo. *R Bras Ci Solo*. 2013b, 37, 1502-11.
- Henríquez, C., & Ortiz, O. (2011). Determinación de la resistencia a la penetración, al corte tangencial, densidad aparente y temperatura en un suelo cafetalero, Juan Viñas, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 35(1), 175-184.
- López, S., & González, G. (2012). Efecto de la labranza primaria en la calidad física del suelo, evaluada mediante permeámetro de disco. *Tecnología y ciencias del Agua*, 127 - 141.
- Martínez Cañizares, J. A. (2018). Comparación de tecnologías de labranza en suelo ferralítico rojo de la finca Pulido. *Revista Ingeniería Agrícola*, 6(3), 60-63.
- Matechera, S., Dexter, A., & Alston, A. (1991). Penetration of very strong soils by seedling roots of different plant species. *Plant and Soil*, 135, 31 - 34.
- Mon, R. (2007). Ampliación del perfil de suelos erosionados. (Tesis Doctoral). Universidad de la Coruña.
- Muguiro, A., Álvarez, C., Babinec, F., & Marano, R. (2017). Rehabilitación de suelos hortícolas: impacto de prácticas agrícolas con uso de yeso y drenaje. *Fave Sección Ciencias Agrarias*, 16(2), 69-90.
- Quiroga, A. R., Oderiz, A. J., Uhaldegaray, M., Álvarez, C., Scherger, E. D., Fernández, R., & Frasier, I. (2017). Influencia del uso de suelos sobre indicadores físicos de compactación. *Semiárida*, 26(2).
- Rasouli, F., Pouya, A. K., & Karimian, N. (2013). Wheat yield and physico-chemical properties of a sodic soil from semiarid area of Iran as affected by applied gypsum. *Geoderma*, (193-194), 246-255.
- Shainberg, I., & Summer, M. (1989). Use of Gypsum on soils A review. *Advances in Soil Science*, 9.
- Trasviña Barriga, A., Bórquez Olguín, R., Leal Almanza, J., Castro Espinoza, L., & Gutiérrez Coronado, M. (2018). Rehabilitación de un suelo salino con yeso agrícola en un cultivo de nogal en el Valle del Yaqui. *Terra Latinoamericana*, 36(1), 85-90.
- United States Department of Agriculture.** (2014). *Soil Survey Field and Laboratory Methods*. USDA.
- Villa Guerrero, P. E., Chabla Carrillo, J. E., & Villaseñor Ortiz, D. R. (2018). Efecto de riegos presurizados sobre propiedades físicas de un suelo bananero asociado Con Kudzu (*Pueraria phaseoloides* Benth). *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 34-45.
- Zerpa, G., Sosa, O., Berardi, J., Bolatti, J. P., Galindo, A., & Maldonado, J. (2013). La resistencia mecánica a la penetración en pasturas. *Agromensajes*, 35, 64-68.