

## RIEGO Y DRENAJE

### ARTÍCULO ORIGINAL

# Efecto de dos sistemas de labranza sobre la infiltración en suelos Ferralíticos Rojos

## *Effects of Two-Soil Tillage's System in the Infiltration Capacity of Red Ferralitic Soils.*

Dr.C. Julián Herrera-Puebla, M.Sc. José Antonio Martínez-Cañizares, M.Sc Amaury Rodríguez-González,  
Dr.C. Greco Cid-Lazo

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

**RESUMEN.** La utilización de la maquinaria agrícola causa compactación en los suelos, lo que reduce la porosidad e incrementa la densidad aparente del mismo, con lo que disminuye la tasa de infiltración. Con el objetivo de estudiar este efecto fue conducido el presente trabajo en una parcela de suelo ferralítico rojo de la Estación Experimental del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola donde se ensayan dos sistemas de labranza; la preparación con multiarado y tiller (PM) y la preparación convencional con arado de discos y grada (PC); en ambas parcelas se realizaron pruebas de infiltración con anillos (3 repeticiones en cada una), se determinaron los valores de humedad antes, después y a las 24 horas, y la densidad aparente del suelo (Da), los datos de infiltración fueron analizados mediante el modelo de Kostiakov. Hasta la profundidad de 30 cms, la Da en el tratamiento PM fue menor que en PC, pero a 40 cms fueron similares, en todos los casos superan los valores típicos de Da para estos suelos; los parámetros K y n de las ecuaciones de infiltración acumulada para PM (K =8,54, n= 0,788) y PC (K =7.49, n= 0,644) difirieron significativamente para  $p < 0.05$ , mientras que la infiltración básica tuvo fue de 0.56 y 0.43 mm min<sup>-1</sup> para ambos tratamientos respectivamente. Los resultados encontrados indican la posibilidad de incrementar la eficiencia en el uso del agua a través de la mejora en la capacidad de infiltración del suelo al cambiar el sistema tradicional de preparación por sistemas con menor intervención.

**palabras clave:** preparación del suelo, capacidad de infiltración, ecuación de Kostiakov, densidad aparente

**ABSTRACT.** Soil tillage induced soil's compactation, reduce soil porosity, increase bulk density and as consequences, reduced soil's infiltration capacity. In order to study the effect of two soil's tillage methods in soil's infiltration capacity, was carry out this work in a ferralitic red soil on the Agricultural Engineering Research Institute Experimental Station where there is under trials two tillage system; soil tillage using arrow plow and tiller (PM) and conventional tillage with mouldboard and disc ploughs (PC); in both plot were determined the soil infiltration using infiltrometers rings (three repetitions in each plot), soil water content was determined before the infiltration test and immediately and 24 hours after the test, were it was determined also soil bulk density, infiltration equations for each ring were determined using Kostiakov's equation. Until 30 cm soil depth, soil bulk density (Bd) in treatment PM was lower than in PC, but at 40 cm soil Bd values were similar, in both cases the Bd values obtained were higher than typical values reported for this soils; Kostiakov's equation parameters K and n from accumulated soil infiltration in PM (K =8,54, n= 0,788) and PC (K =7.49, n= 0,644) were significantly different ( $p < 0.05$ ), basic infiltration values were 0.56 and 0.43 mm min<sup>-1</sup> for PM and PC respectively. The results showing the possibilities for increase water use efficiencies through the increase in soil infiltration changing the traditional soil's working system to less soil's intervention system.

**Keywords:** soil labours, infiltration capacity, Kostiakov's equation, soil bulk density.

## INTRODUCCIÓN

La utilización de la maquinaria agrícola causa compactación en los suelos, lo que reduce la porosidad e incrementa la densidad aparente del mismo, disminuyendo de este modo la tasa de infiltración del suelo (Chyba *et al.*, 2014).

La infiltración es el movimiento del agua desde la superficie del suelo hacia el interior del mismo bajo la acción de las fuerzas de gravedad y la atracción capilar entre el suelo y el agua; la velocidad con que ocurre este proceso, en relación con la veloci-

dad de suministro del agua, determina la cantidad de humedad que puede almacenarse en la zona radicular y qué cantidad de la lluvia ocurrida podría convertirse en escurrimiento. De acuerdo con Hillel (1980), la tasa de infiltración afecta no solo la economía del agua de las comunidades vegetales, sino que también influye sobre la cantidad de escurrimiento superficial y su correspondiente efecto sobre el riesgo de erosión.

De lo anterior se desprende que cualquier acción sobre el suelo que disminuya la tasa de infiltración, restringe la entrada de agua al suelo, y con ello disminuye el beneficio de la lluvia o el riego como suministrador de agua para las plantas, se incrementa el escurrimiento y por consiguiente el riesgo de erosión.

Entre los múltiples factores que intervienen en la capacidad de infiltración del suelo y la tasa a la que esta se produce se destaca la compactación. La compactación es causada fundamentalmente por el tráfico de la maquinaria agrícola, la cual reduce la porosidad e incrementa la densidad aparente de los suelos dando lugar con esto a la reducción de la tasa de infiltración al compararlo con similar suelo no compactado (Liebig *et al.*, 1993; Yuxia *et al.*, 2001; Hamza y Anderson, 2005; Chyba *et al.*, 2014) as part of a study of controlled traffic farming, assessed the impact of compaction from wheel traffic on soil that had not been trafficked for 5 years. A tractor of 40 kN rear axle weight was used to apply traffic at varying wheelslip on a clay soil with varying residue cover to simulate effects of traffic typical of grain production operations in the northern Australian grain belt. A rainfall simulator was used to determine infiltration characteristics. Wheel traffic significantly reduced time to ponding, steady infiltration rate, and total infiltration compared with non-wheeled soil, with or without residue cover. Non-wheeled soil had 4–5 times greater steady infiltration rate than wheeled soil, irrespective of residue cover. Wheelslip greater than 10% further reduced steady infiltration rate and total infiltration compared with that measured for self-propulsion wheeling (3% wheelslip). El tipo de labor de preparación del suelo, al influir sobre la compactación de los mismos (Martínez *et al.*, 2016) también influye sobre la tasa de infiltración

Bennett y Allison (1962), al realizar el primer estudio ordenado de los suelos cubanos señalaron para los suelos de la familia Matanzas (hoy clasificados dentro del tipo Ferralíticos rojos, Instituto de Suelos, 1980) "Bajo todas condiciones el agua

pasa hacia abajo a través de la masa completa del suelo a un promedio muy rápido. Naturalmente siempre hay gran espacio poroso. Probablemente esto se deba a una tendencia de los coloides a mantenerse separados en un estado más o menos granular o una condición estructural opuesta a la del suelo desfloculado donde los granos individuales tienden a reunirse obstruyendo los espacios porosos". A pesar de que estos autores no brindaron información cuantitativa de las propiedades del suelo, su aseveración sobre el "paso rápido del agua a través de la masa completa del suelo" puede interpretarse como que al momento de su estudio estos suelos presentaban una excelente velocidad de infiltración.

Martínez *et al.* (2016), en suelo ferralítico rojo compactado, midieron el efecto de dos tecnologías de preparación de suelos, a las que denominaron labranza tradicional (LT, arado de tres discos y grada de arrastre de 28 discos) y conservacionista (LC, multiarado de dos órganos y tiller de 11 órganos) y encontraron un 12% más alto el valor de compactación en el tratamiento de LT al compararlo con LC hasta la profundidad de 0,5 m; sin embargo, no evaluaron el posible efecto de este comportamiento sobre la infiltración del suelo para ambos sistemas de preparación.

Dada la importancia que tiene la compactación sobre la capacidad de infiltración de los suelos, y utilizando el mismo sitio experimental estudiado por Martínez *et al.* (2016), en el presente trabajo se midió el efecto de los sistemas de preparación del suelo mediante preparación convencional y preparación conservacionista sobre la infiltración y la densidad aparente del suelo.

## MÉTODOS

### Características del suelo del área

El trabajo se realizó en la Estación Experimental del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (UCTB Pulido) localizada en el municipio de Alquizar, provincia de Artemisa (Latitud 22046' 49,2" N y Longitud 820, 36' 06,69" W).

El suelo es un suelo Ferralítico rojo compactado (Instituto de Suelos, 1980) cuyas principales propiedades hidrofísicas según Cid *et al.* (2012), se muestran en la Tabla 1.

**TABLA 1. Principales propiedades hidrofísicas del suelo Ferralítico rojo compactado de la Estación Experimental del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, según Cid *et al.* (2012).**

Prof.	Da	Capacidad de campo	Arena	Limo	Arcilla	Humedad a saturación
cm	t·m <sup>-3</sup>	cm <sup>3</sup> ·cm <sup>-3</sup>	%	%	%	cm <sup>3</sup> ·cm <sup>-3</sup>
20	1.18	0.394	20.9	57.4	21.7	0.48
40	1.28	0.431	17.7	61.8	20.5	0.53
60	1.20	0.397	28.9	62.8	14.3	0.54
80	1.20	0.396	28.3	61.4	18.3	0.49

### Tecnologías de preparación del suelo

Las diferentes formas de preparación del suelo fueron descritas anteriormente por Martínez *et al.* (2016), el campo está dividido en dos parcelas de 0.46 ha cada una, en una de ellas la preparación del suelo se realiza por laboreo tradicional (LT) basada en el uso de arados y gradas de discos que provocan la inversión del prisma del suelo y en la otra mediante tecnología en que al preparar el suelo para la siembra el prisma no se invierte y a la que Martínez *et al.* (2016), denominaron tecnología de conservación (TC).

La secuencia de labores empleadas en cada tecnología y el implemento utilizado en cada una de ellas así como la profundidad que alcanzó cada labor se muestran en la Tabla 2.

**TABLA 2. Secuencia de labores e implementos utilizados en las dos tecnologías de preparación de suelos, según Martínez et al. (2016)**

No.	Labor	Conjunto agrícola	Profundidad de trabajo (cm)
Laboreo Tradicional			
1	Rotura	Arado -10 000 de tres discos	21,56
2	Mullido	Grada de arrastre 28 discos	15,47
3	Cruce	Arado-10 000 de tres discos	22,73
4	Mullido	Grada de arrastre 28 discos	21,00
<b>Tecnología de Conservación</b>			
1	Rotura	Multiarado 250 de dos órganos	21,00
2	Mullido	Tiller de 11 órganos	17,30
3	Cruce	Multiarado 250 de dos órganos	23,00
4	Mullido	Tiller de 11 órganos	17,10

### Determinación de la infiltración

La infiltración fue determinada mediante el método de anillos concéntricos (Cid, 1988). Al momento de la prueba la parcela fue cosechada manualmente 30 días antes (maíz) y los residuos de cosecha habían sido extraídos del campo. En cada tratamiento de preparación de suelos se realizaron las pruebas utilizando en cada caso tres pares de anillos concéntricos con diámetros de 28/53 cm, 30/55 cm and 32/57 cm. La altura de los anillos es de 25 cm con un borde biselado para su mejor introducción en el suelo. Cada anillo fue introducido en el suelo hasta una profundidad de 10 cm y nivelado según los procedimientos indicados en la Norma cubana NC 1047-2014 (Oficina Nacional de Normalización, 2014). La humedad del suelo al momento de realizar la prueba en la profundidad desde 0 a 0,4 m era del 68 y 56% de la capacidad de campo para el tratamiento TC y LT respectivamente.

Los Datos obtenidos de las pruebas de campo fueron ajustados según el modelo propuesto por Kostiaikov (Cid, 1988) y cuya expresión matemática para la infiltración acumulada es:

$$Z = Kt^n \tag{1}$$

donde:

Z = infiltración acumulada (L t<sup>-1</sup>);

t = tiempo de infiltración;

K y n = constantes empíricas que varían con cada tipo de suelo.

Para la infiltración en un instante cualquiera (infiltración instantánea, i)

$$i = \frac{d}{dt} = (Kt^n) = K n(t)^{n-1} \tag{2}$$

Con parametros similares a (1).

En cada anillo se tomaron muestras para la determinación de la humedad del suelo antes de cada prueba, al finalizar la misma y 24 horas despues. Las muestras antes de la prueba se tomaron al lado del anillo infiltrómetro y las posteriores en el centro de la superficie cubierta por estos. Las muestras antes y 24 horas despues fueron tomadas con barrena y las inmediatamente despues con barrenas equipadas con cilindros de 100 cc de volumen con

el fin de determinar tambien la densidad aparente.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra los valores de densidad aparente (Da) y la desviación estandar (ds) para cada uno de los dos tratamientos de preparación del suelo. Aun cuando el tratamiento de tecnología de conservación muestra menores valores de Da que el laboreo convencional, ambos superan los valores típicos para estos suelos. Hernández et al. (2014), al estudiar 38 perfiles de suelos Ferralíticos rojos de la Habana, encontro que para los perfiles de suelos no alterados antropogenicamente (bosques de más de 100 años) el valor de Da hasta la profundidad de 0,5 m no superaba 1,10 g cm<sup>-3</sup>, mientras que para los perfiles intensamente cultivados los valores de Da alcanzaban hasta 1,35 g cm<sup>-3</sup>. A partir de 1968 (fecha aproximada de comienzo de las trabajos de investigación en la Estación Experimental del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, donde se realizó el trabajo) varios investigadores al desarrollar experimentos de riego en diferentes áreas de esta estación experimental realizaron determinaciones de la Da, lo que permite tener una idea de la evolución de este parámetro.

De este modo, en 1977 (Carrillo, 1979) encontró valores de 1,07 a 1,19 g cm<sup>-3</sup> desde 0,1 a 0,3 m de profundidad, mientras que en 1980 (Hernández, 1985) los valores de Da para este mismo horizonte de suelo fueron muy similares (0,92 a 1,19 g cm<sup>-3</sup>). La tendencia al aumento de la Da con la profundidad es al parecer una condición normal en estos suelos según los valores observados en la Figura 1 y que coincide con las tendencias encontradas en los trabajos de Carrillo (1979) y Hernández (1985), para el área de la Estación Experimental y por Hernández et al. (2014), para diferentes sitios y condiciones de explotación del suelo.

Las diferencias encontradas en los valores de Da entre los tratamientos hasta la profundidad de 0,3 m fueron significativamente diferentes para p < 0,95 según la prueba t de Student, mientras que a 0,4 m no se encontraron diferencias significativas. Estas diferencias dieron lugar a variaciones en la porosidad (porosidad = 1 - (Da/2,65) que incrementaron desde 1,2% en la capa superficial del suelo hasta más de 3% a los 0,3 m (Figura 2), sin variación para la profundidad de 0,4 m.

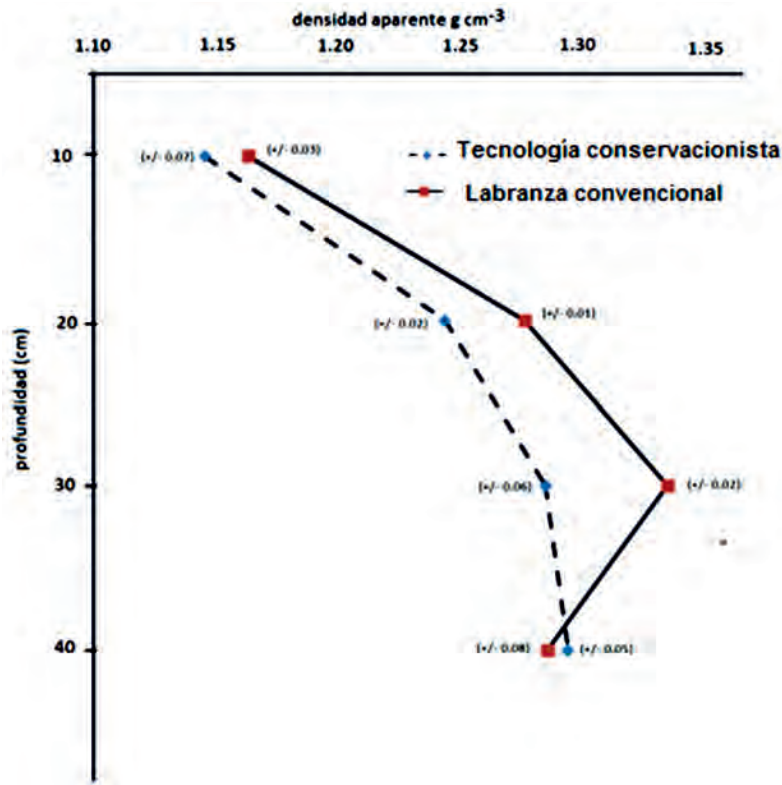


FIGURA 1. Densidad aparente (Da) en los dos tratamientos de preparación del suelo.

De este modo, en 1977 (Carrillo, 1979) encontró valores de 1,07 a 1,19 g cm<sup>-3</sup> desde 0,1 a 0,3 m de profundidad, mientras que en 1980 (Hernández, 1985) los valores de Da para este mismo horizonte de suelo fueron muy similares (0,92 a 1,19 g cm<sup>-3</sup>). La tendencia al aumento de la Da con la profundidad es al parecer una condición normal en estos suelos según los valores observados en la Figura 1 y que coincide con las tendencias encontradas en los trabajos de Carrillo (1979) y Hernández (1985), para el área de la Estación Experimental y por Hernández et al. (2014),

para diferentes sitios y condiciones de explotación del suelo. Las diferencias encontradas en los valores de Da entre los tratamientos hasta la profundidad de 0,3 m fueron significativamente diferentes para  $p < 0,95$  según la prueba t de Student, mientras que a 0,4 m no se encontraron diferencias significativas. Estas diferencias dieron lugar a variaciones en la porosidad ( $\text{porosidad} = 1 - (Da/2,65)$ ) que incrementaron desde 1,2% en la capa superficial del suelo hasta más de 3% a los 0,3 m (Figura 2), sin variación para la profundidad de 0,4 m.

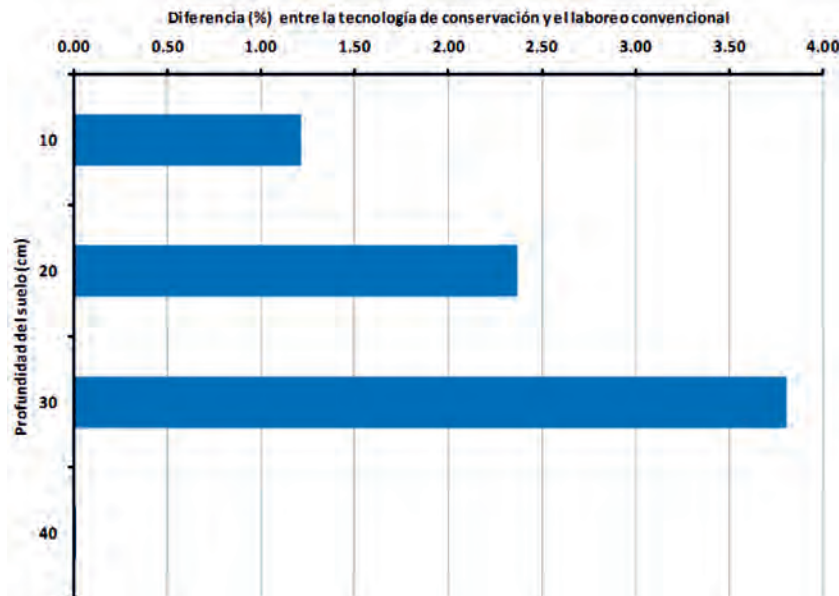


FIGURA 2. Variación de la porosidad entre el tratamiento de tecnología de conservación y el laboreo convencional del suelo Ferralítico rojo.

Las diferencias en  $D_a$  y porosidad con la profundidad, independientemente de la tendencia natural en estos suelos al aumento de la densidad con la profundidad del perfil, indican el efecto producido en la compactación del suelo por ambos sistemas de preparación. Este efecto se hizo más notable a la profundidad de labor (0,3 m) donde en el caso del laboreo convencional con el arado de discos y la grada, también de discos, herramientas de labranzas estas que invierten el prisma de suelo, y para ello deben ejercer fuerza sobre la profundidad en que se apoyan, son propensas a compactar el suelo a esa profundidad de apoyo. Por otra parte, tanto el multiarado, si está bien regulado, como el tiller no invierten el prisma de suelo y por tanto su efecto de compactación es menor.

La Figura 3 muestra el comportamiento de la infiltración acumulada y la Figura 4 la infiltración instantánea para los dos tratamientos de preparación del suelo estudiados.

Según las Figuras 3 y 4 el tratamiento de tecnología de conservación supera la infiltración instantánea y acumulada en relación a la preparación convencional. Lo anterior es congruente con el incremento promedio de la densidad aparente

desde 1.21% hasta 3.8% (Figura 2) en el perfil de 0 a 0.3 m del suelo preparado convencionalmente en relación a la preparación mínima. En este sentido, Orjuela-Matta *et al.* (2010), al estudiar diferentes modelos de cálculo de la infiltración para un Oxisol de Colombia y relacionar los parámetros de los mismos con la  $D_a$ , encontraron una correlación inversa entre esta propiedad y los diferentes parámetros, lo cual para los autores antes señalados este comportamiento confirma que a mayor densidad aparente, la velocidad de infiltración disminuye; por su parte, Chyba *et al.* (2014), hallaron que una presión superficial en el rango de 200–250 kPa redujo la infiltración del agua en el suelo en más de 80% in comparación con el suelo no saturado. Hernández-Florez *et al.* (2009), al estudiar los principales problemas de degradación de suelos asociados con actividades agropecuarias y su efecto en la infiltración de agua, concluyeron que la capacidad de infiltración de los suelos se vio disminuida para todos los usos debido al exceso de labranza, las quemas y al pisoteo del ganado, y señalaron también que el cambio del uso del suelo disminuyó la capacidad de infiltración, afectando su función dentro del ciclo hidrológico.

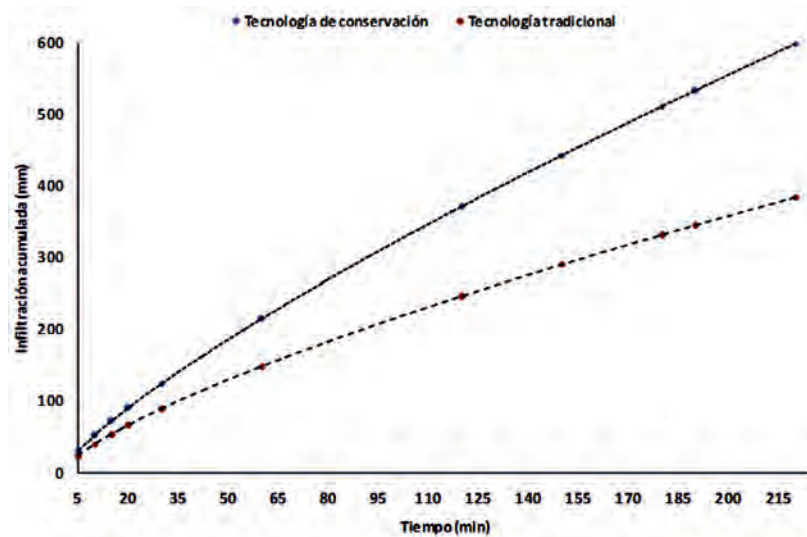


FIGURA 3. Curva de Infiltración Acumulada para las dos formas de preparación del suelo.

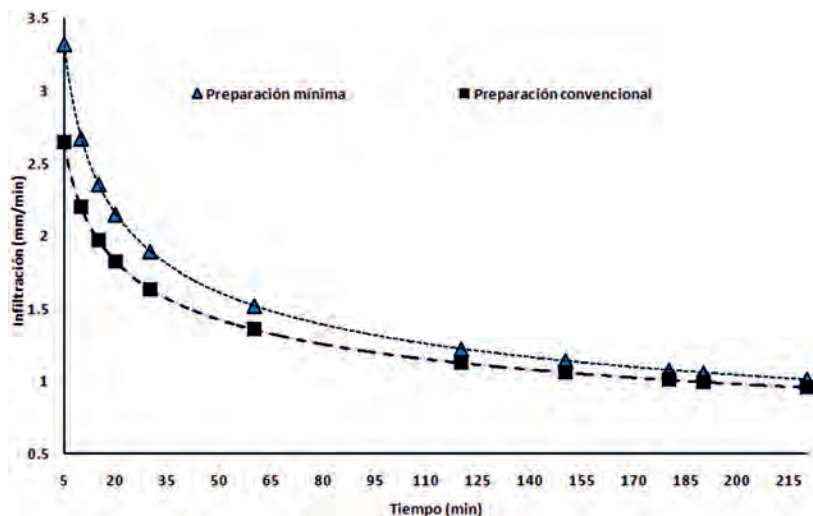


FIGURA 4. Curva de Infiltración instantánea para las dos formas de preparación del suelo.

En la Tabla 3 se muestran los parámetros de las ecuaciones de infiltración acumulada e instantánea, así como el valor de la infiltración básica para cada tratamiento (promedio de los tres anillos en cada sitio), los mismos son significativamente diferentes entre sí para ambos sistemas de preparación de tie-

rras según la prueba t de Student. En correspondencia con las curvas de infiltración acumulada e instantánea mostradas en la Figuras 3 y 4, los valores de los parámetros de la ecuación de Kostiakov para el tratamiento de preparación mínima fueron superiores al de la preparación convencional.

**TABLA 3. Parámetros de la ecuación de Kostiakov para las dos formas de preparación del suelo**

Parámetros	Preparación conservacionista				Preparación convencional					
	Infiltración acumulada		Infiltración instantánea		Infiltración básica	Infiltración acumulada		Infiltración instantánea		
	K	n	K	n	mm/min	K	n	K	n	
	8,542	0,788	5,635	-0,336	0,563	7,494	0,644	4,479	-0,335	0,437

Los promedios de los parámetros de las ecuaciones de infiltración para ambos tratamientos difieren para  $p < 1\%$  según la prueba t Student

Cid y Herrera (1987), al estudiar el comportamiento de la infiltración en estos mismos suelos variando la humedad inicial desde 100% hasta 70% de Capacidad de campo, encontraron también un incremento en los valores de los coeficientes de la ecuación de Kostiakov en la medida en que disminuía la humedad inicial y por tanto se incrementaban los valores de infiltración. Landini *et al.* (2007), han vinculado los valores de K a la humedad inicial del suelo, mientras que n lo relacionan con la distribución estructural del suelo. Según lo anterior, los menores valores de n en el tratamiento LT con respecto a TC se corresponden con las diferencias en la Da (Figura 2) entre ambos sistemas de preparación, toda vez que los menores valores de Da se corresponden con una mayor porosidad y un mejor estado estructural del suelo.

La infiltración básica determinada en pruebas con anillos de infiltración se correlaciona bien ( $R^2 = 0,98$ ) con la conductividad hidráulica determinada por el método inverso del hoyo de barrena, utilizado en suelos donde no se encuentra un nivel freático superficial Márquez y Salgueiro (1984). De este modo, a partir de los datos de la Tabla 2 se puede calcular un valor de conductividad hidráulica saturada de 3,37 ( $0,81 \text{ m día}^{-1}$ ) y  $2,62 \text{ cm h}^{-1}$  ( $0,62 \text{ m día}^{-1}$ ) para los tratamientos LM y LT respectivamente; estos valores son muy inferiores a los encontrados por Cid y Herrera (1987), para este

mismo suelo y lugar con valores de humedad inicial muy similar al valor con que se realizaron estas pruebas obtuvieron valores entre  $13,7$  y  $15,9 \text{ cm h}^{-1}$ , diferencias que pueden ser atribuidas al incremento de la compactación sufrida por estos suelos como producto de la preparación intensiva a la que han sido sometidos en los últimos 30 años.

La Figura 5 muestra la variación de la humedad antes de la prueba, inmediatamente después y a las 24 horas de la misma para ambos tratamientos. Al momento de la prueba la humedad hasta los 40 cm de profundidad del suelo fue como promedio en ambos sitios del 71% de la humedad a capacidad de campo. Luego de finalizada la prueba, en ambos tratamientos hay un incremento de la humedad del suelo que se incrementa en 62,1 y 49,2 mm para TC y LT respectivamente; el valor de infiltración acumulada en las pruebas fue como promedio en los tres anillos de cada tratamiento de 293,8 (+/- 62,1) y 240,9 (+/- 49,3) mm para PM y PC respectivamente. Al comparar estos valores con el incremento de la cantidad de agua en el perfil hasta los 40 cm de profundidad puede notarse que ambos tratamientos incorporaron alrededor del 21% del agua aplicada, sin embargo, 24 h después la redistribución de la humedad en TC muestra una mayor uniformidad que en TC, donde el movimiento del agua parece detenerse en los 30 cm de profundidad.

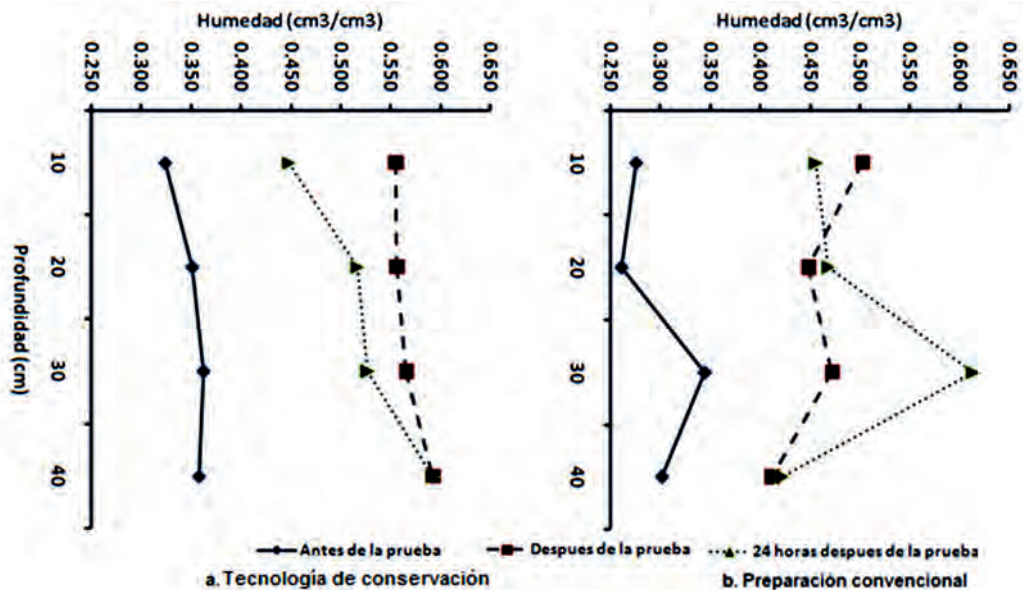


FIGURA 5. Humedad ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ) al momento de la prueba de infiltración (antes), inmediatamente de terminada (después) y 24 h después (24 h).

Este comportamiento del movimiento del agua en ambos perfiles concuerda con las diferencias en densidad aparente y variación de la porosidad entre los mismos mostradas en las Figuras 1 y 2 y ratifican el efecto negativo sobre el movimiento del agua en el perfil del suelo ocasionadas por la preparación convencional.

## CONCLUSIONES

- El efecto de los sistemas de preparación del suelo sobre sus propiedades físicas ha sido estudiados por muchos autores Yuxia *et al.* (2001), Hamza y Anderson (2005), Hernández-Florez *et al.* (2009), Chyba *et al.* (2014) as part of a study of controlled traffic farming, assessed the impact of compaction from wheel traffic on soil that had not been trafficked for 5 years. A tractor of 40 kN rear axle weight was used to apply traffic at varying wheelslip on a clay soil with varying residue cover to simulate effects of traffic typical of grain production operations in the northern Australian grain belt. A rainfall simulator was used to determine infiltration characteristics. Wheel traffic significantly reduced time to ponding, steady infiltration rate, and total infiltration compared with non-wheeled soil, with or without residue cover. Non-wheeled soil had 4–5 times greater steady infiltration rate than wheeled soil, irrespective of residue cover. Wheelslip greater than 10% further reduced steady infiltration rate and total infiltration compared with that measured for self-propulsion wheeling (3% wheelslip, entre otros y todos coinciden al afirmar que las labores convencionales utilizando arados y gradas de discos ocasionan la compactación del suelo sobre todo en el horizonte donde estos alcanzan su mayor profundidad. Estos resultados coinciden con los encontrados por Martínez *et al.* (2016), en el suelo Ferralítico rojo y confirman los resultados de este trabajo donde TC al tener una mayor porosidad y densidad aparente que LT incrementó la tasa de infiltración y tuvo también un

mejor patrón de redistribución del agua.

- Uno de los objetivos de manejo de la llamada "Agricultura de Conservación" (FAO, 2013) es el mínimo movimiento del suelo a través de la siembra directa, el no cultivo del suelo, la permanencia de los residuos de cosechas en el campo y con ello, la prevención de la compactación del suelo a través del tráfico controlado, lo cual según estos autores entre otros beneficios tiende a un uso más eficiente del agua precisamente por las mejoras que trae en el aumento de la capacidad de infiltración y la mejor redistribución y conservación del agua en el suelo. Los resultados de este trabajo, aun cuando son solo de tres años después (Martínez *et al.*, 2016) del cambio de sistema de preparación confirman que en la medida en que se disminuye la intervención en el suelo hay una mejora en sus cualidades físicas, particularmente aquellas relacionadas con el movimiento del agua, lo cual abre la interrogante de la posibilidad de mejorar aún más si se siguen los principios en los que se basa la agricultura de conservación, sobre todo la práctica de la siembra directa.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los resultados del proyecto internacional "Bases Ambientales para la Sostenibilidad Alimentaria Local", BASAL, que se ejecuta en Cuba desde el año 2013, con el financiamiento de la Unión Europea y la Agencia Suiza COSUDE, con el PNUD como Agencia Implementadora y con la participación de diversas instituciones nacionales del CITMA y el MINAG. También fue realizado gracias al apoyo logístico del Proyecto OP-15 y forma parte de las acciones de ambos proyectos para la obtención de referencias en la introducción de la Agricultura de Conservación en Cuba. Se agradece a los Técnicos Joaquín Guzmán, Joel Sánchez y Orlando Sarmiento, así como al personal de la Estación Experimental del IAgriC por su ayuda en los trabajos de campo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENNETT, H.H.; ALLISON, R.V.: *Los Suelos de Cuba*, [en línea], Ed. Comisión Nacional Cubana de UNESCO, La Habana, Cuba, 380 p., 1962, Disponible en: [https://books.google.com/cu/books/about/Los\\_Suelos\\_de\\_Cuba\\_Por\\_H\\_H\\_Bennett\\_Y\\_R\\_V.html?id=m\\_Y3nwECAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com/cu/books/about/Los_Suelos_de_Cuba_Por_H_H_Bennett_Y_R_V.html?id=m_Y3nwECAAJ&redir_esc=y), [Consulta: 3 de mayo de 2016].
- CARRILLO, U.R.O.: "Influencia del nivel de humedad del suelo en el rendimiento de la malanga (*Colocasia esculenta*) var. Isleña Japonesa. 1. Año", *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Riego y Drenaje*, 2(2): 51-65, 1979, ISSN: 0138-8487.
- CHYBA, J.; KROULÍK, M.; KRIŠTOF, K.; MISIEWICZ, P.A.; CHANEY, K.: "Influence of soil compaction by farm machinery and livestock on water infiltration rate on grassland", *Agronomy Research*, 12(1): 59–64, 2014, ISSN: 2228-4907, 1406-894X.
- CID, G.; HERRERA, J.: "Estudio de la infiltración del agua en un suelo ferralítico rojo compactado a diferentes niveles de humedad", *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Riego y Drenaje*, 10(2): 25–37, 1987, ISSN: 0138-8487.
- CID, G.; LÓPEZ, T.; GONZÁLEZ, F.; HERRERA, J.; RUIZ, M.E.: "Características físicas que definen el comportamiento hidráulico de algunos suelos de Cuba", *Revista Ingeniería Agrícola*, 2(2): 25–31, 2012, ISSN: 2306-1545, 2227-8761.
- CID, L.G.: *Aspectos generales sobre la infiltración de los suelos*, Ed. Centro de Información y Documentación Agropecuario, La Habana, Cuba, 34 p., 1988.
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS): *Policy Support Guidelines for the Promotion of Sustainable Production Intensification and Ecosystem Services Policy Support Guidelines for the Promotion of Sustainable Production Intensification and Ecosystem Services*, [en línea], ser. Integrated Crop Management, Ed. FAO, vol. 19, Rome, Italy, 54 p., 2013, ISBN: 978-92-5-108020-7, Disponible en: <http://www.fao.org/ag/ca/ca-publications/icm19.pdf>, [Consulta: 29 de agosto de 2016].

- HAMZA, M.A.; ANDERSON, W.K.: "Soil compaction in cropping systems", *Soil and Tillage Research*, 82(2): 121-145, 2005, ISSN: 0167-1987, DOI: 10.1016/j.still.2004.08.009.
- HERNÁNDEZ, A.: "Distribución vertical del sistema radical en cinco variedades de caña de azúcar", *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Riego y Drenaje*, 8(1): 7-20, 1985, ISSN: 0138-8487.
- HERNÁNDEZ, J.A.; MORALES, D.M.; BORGES, B.Y.; VARGAS, B.D.; CABRERA, R.A.; ASCANIO, G.M.O.; RÍOS, L.H.; FUNES, M.F.; BERNAL, F.A.; GONZÁLEZ, C.P.J.: *Degradación de las propiedades de los suelos ferralíticos rojos lixiviados de la "Llanura Roja de La Habana", por el cultivo continuado. Algunos resultados sobre su mejoramiento*, Ed. Ediciones INCA, 1.ª ed., Mayabeque, Cuba, 142 p., 2014, ISBN: 978-959-7023-66-1.
- HERNÁNDEZ-FLOREZ, F.; ALBA-TRIANA, F.; DAZA-TORREZ, M.C.: "Efecto de actividades agropecuarias en la capacidad de infiltración de los suelos del páramo del Sumapaz", *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, (8): 29-38, 2009, ISSN: 1692-9918.
- HILLEL, D.: *Applications of soil physics*, no. solc. S592.3.H53, Ed. Academic Press, New York, 385 p., 1980, ISBN: 978-0-12-348580-9.
- INSTITUTO DE SUELOS: *Clasificación genética de los suelos de Cuba, 1979*, Ed. Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, Cuba, 28 p., 1980.
- LANDINI, A.M.; MARTÍNEZ, D.; DÍAS, H.; SOZA, E.; AGNES, D.; SAINATO, C.: "Modelos de infiltración y funciones de pedotransferencia aplicados a suelos de distinta textura", *Ciencia del suelo*, 25(2): 123-131, 2007, ISSN: 1850-2067.
- LIEBIG, M.A.; JONES, A.J.; MIELKE, L.N.; DORAN, J.W.: "Controlled Wheel Traffic Effects on Soil Properties in Ridge Tillage", *Soil Science Society of America Journal*, 57(4): 1061-1066, 1993, ISSN: 0361-5995, DOI: 10.2136/sssaj1993.03615995005700040030x.
- MÁRQUEZ, J.L.; SALGUEIRO, J.L.: "Estimación de la Conductividad Hidráulica "K" a partir de la Velocidad de Infiltración Básica", *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Riego y Drenaje*, 7(1), 1984, ISSN: 0138-8487.
- MARTÍNEZ, C.J.A.; RODRÍGUEZ, G.A.; GARCÍA, L.J.: "Comparación de tecnologías de labranza en suelo ferralítico rojo de la finca Pulido", *Revista Ingeniería Agrícola*, 6(3): 60-63, 2016, ISSN: 2306-1545, 2227-8761.
- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN: *Calidad del suelo □ Determinación de la velocidad de infiltración*, no. ICS: 13.080.20, NC 1047, La Habana, Cuba, 2014.
- ORJUELA-MATTA, H.M.; RUBIANO-SANABRIA, Y.; CAMACHO-TAMAYO, J.H.: "Behavior of the infiltration on an oxisol", *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 13(2): 31-39, 2010, ISSN: 0123-4226.
- YUXIA, L.; TULLBERG, J.N.; FREEBAIRN, D.M.: "Traffic and residue cover effects on infiltration", *Soil Research*, 39(2): 239-247, 2001, ISSN: 1838-6768, DOI: 10.1071/sr00017.

---

**Recibido:** 13/11/2016.

**Aprobado:** 31/07/2017.

Julián Herrera-Puebla, Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba. Correo Electrónico: [direccioninvestl@iagric.cu](mailto:direccioninvestl@iagric.cu)

José Antonio Martínez-Cañizares, Correo Electrónico: [dptomecan1@iagric.cu](mailto:dptomecan1@iagric.cu)

Amaury Rodríguez-González, Correo Electrónico: [dptomecan8@iagric.cu](mailto:dptomecan8@iagric.cu)

Greco Cid-Lazo, Correo Electrónico: [dptoambiente1@iagric.cu](mailto:dptoambiente1@iagric.cu)

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.