

EFECTO DE DIFERENTES SISTEMAS DE LABRANZA SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO Y SU INFLUENCIA SOBRE EL RENDIMIENTO DEL ALGODÓN

Carlos Bravo* y Adriana Florentino**

RESUMEN

El propósito de este estudio fue el de evaluar el efecto de diferentes sistemas de labranza sobre las propiedades físicas del suelo y su influencia en el rendimiento del cultivo del algodón (*Gossypium hirsutum* L.) sobre un Typic Haplustalf, localizado en Cantagallo, estado Guárico, Venezuela. Se utilizaron cuatro tratamientos de labranza: i) Labranza Convencional (LC); ii) Labranza mínima con residuos de *Crotalaria juncea* L.(LMC); iii) Labranza mínima con residuos de Barbecho Natural (LMB) y iv) Labranza mínima con subsolado y residuos de *Crotalaria juncea* L.(LMCS). De los resultados obtenidos se concluye que los sistemas de labranza produjeron cambios temporales sobre las propiedades físicas del suelo (densidad aparente, porosidad, conductividad hidráulica saturada y resistencia mecánica); observándose los cambios más drásticos en la capa superficial con LC y reflejando la baja estabilidad de estos suelos al impacto de las gotas de lluvia. En LMCS las plantas alcanzaron un desarrollo de raíces más uniforme y profundo como resultado del mantenimiento de unas mejores condiciones físicas. En relación al rendimiento de algodón en rama (kg/ha) la tendencia obtenida fue LC > LMC > LMCS > LMB, no registrándose diferencias estadísticamente significativas.

Palabras claves adicionales: *Gossypium hirsutum*, *Crotalaria juncea*

ABSTRACT

Effects of different tillage practices on soil physical properties and their influence on cotton yields

The purpose of this study was to compare the effects of different tillage practices on soil physical properties and their influence on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yields on a Typic Haplustalf soil, located at Cantagallo, Guárico state, Venezuela. Four tillage treatments were evaluated: i) conventional tillage (LC), ii) minimum tillage with residues of *Crotalaria juncea* (LMC), iii) minimum tillage with residues of natural fallow (LMB) and iv) minimum tillage with soil previously subsoiled, with residues of *Crotalaria juncea* (LMCS). The results indicate that the tillage systems showed temporary changes on soil physical properties (bulk densities, macroporosity, saturated hydraulic conductivity and mechanical resistance); however, drastic changes were observed in the LC treatment on the top layer, showing the low stability of these soils against water drop impact. In the deep tillage system, plants reached a more uniform and deeper root growth due to better soil physical conditions. Statistically significant differences were not found among tillage systems in relation with cotton yield (kg.ha⁻¹); however, the tendency was LC > LMC > LMCS > LMB.

Additional key words: *Gossypium hirsutum*, *Crotalaria juncea*

INTRODUCCIÓN

En el país, la información sobre las prácticas de labranza utilizadas en el cultivo del algodón es escasa y, en particular, para la zona de Cantagallo, localizada en el estado Guárico, Venezuela, no se conocen antecedentes de estudios que muestren los efectos de los sistemas de laboreo sobre las propiedades físicas del suelo y su influencia en el rendimiento de este cultivo.

El laboreo superficial al cual es sometido el suelo para la siembra del algodón, en algunos casos en condiciones de humedad no adecuadas y con un sistema de explotación altamente mecanizado, ha hecho que se manifiesten graves problemas de degradación física (compactación, erosión, sellado superficial) y que, a su vez, ocurra un enraizamiento superficial de las plantas (alta proporción de raíces en los primeros 15 cm). Estos procesos de degradación, en combinación con la explotación de tierras frágiles al uso agrícola, han

* Postgrado en Ciencias del Suelo. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela

** Instituto de Edafología. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay

generado que la productividad del cultivo sea negativamente afectada.

Algunos investigadores señalan que el método de labranza escogido debe ser capaz de ajustarse ampliamente al sistema de manejo del suelo y desarrollo radicular de los cultivos, pensando siempre en conservar efectivamente los recursos suelo y agua (Brown et al., 1985; Harman et al., 1989; Bravo, 1993; Bravo, 1995).

Considerables investigaciones se han realizado a nivel nacional y mundial en relación a los efectos de la labranza sobre las propiedades físicas del suelo y su incidencia en el comportamiento de varios cultivos (Larson, 1964; Lal, 1979; Brown, et al., 1985; Baker, 1987; Derpsch et al., 1991; Bravo, 1993; Marcano et al., 1994; Bravo, 1995). Aunque algunas veces los resultados son contradictorios, muchos investigadores coinciden que en aquellos sistemas donde se perturba el suelo se consiguen generalmente mejores propiedades físicas (mayor macroporosidad y conductividad hidráulica, y menor densidad aparente) en la capa sometida a laboreo que en la mayoría de los sistemas conservacionistas. Sin embargo, el efecto de la labranza sobre dichos parámetros puede ser transitorio ya que, por impacto de las gotas de lluvia, el suelo puede recompactarse y disminuir la macroporosidad, lo cual tiene una influencia muy fuerte sobre el comportamiento del agua del suelo (Adeoye, 1982; Lindstrom y Onstad, 1984).

El objetivo de esta investigación fue el de evaluar el efecto de varios sistemas de labranza sobre las propiedades físicas del suelo y su incidencia en el rendimiento del algodón en un Alfisol del estado Guárico, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en la finca "La Pastora" ubicada en la zona de Cantagallo, Estado Guárico. El suelo seleccionado fue clasificado como un Typic Haplustalf, con textura franco arenosa en la capa superficial y con una pendiente promedio de 6 %. Antes de establecer los tratamientos de labranza se realizó una caracterización inicial, tratando de cubrir toda el área experimental y se tomaron 18 muestras no alteradas en tres intervalos de muestreos (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm). Estas muestras fueron procesadas para determinar densidad aparente,

porosidad total, macroporosidad, conductividad hidráulica saturada y módulo de ruptura, cuyos detalles se muestran en el Cuadro 1.

Los tratamientos de labranza aplicados fueron: T1=Labranza convencional "LC" (destrucción de la soca, 4 pases de rastra, siembra y fertilización manual del algodón); T2=Labranza mínima sobre residuos de *Crotalaria juncea* L. "LMC" (destrucción de soca, siembra de la leguminosa, corte de la leguminosa, siembra y fertilización manual del algodón); T3=Labranza mínima sobre residuos de barbecho natural "LMB" (destrucción de la soca, corte del barbecho, aplicación de herbicida, siembra y fertilización manual del algodón) y T4=Labranza mínima sobre el suelo previamente subsolado y residuos de *Crotalaria juncea* L. "LMCS" (destrucción de soca, pase de subsolado, siembra de leguminosa, corte de leguminosa, siembra y fertilización manual del algodón). Este último tratamiento, que incorpora la utilización de un implemento de labranza profunda (subsolado), fue incluido en virtud de que la evaluación preliminar del suelo permitió detectar problemas de compactación los cuales no deben ser analizados en forma aislada (Bravo, 1993).

La respuesta del suelo a los tratamientos se evaluó a través de un muestreo de cuatro parcelas grandes (Truelove, 1977) orientadas en el sentido de la pendiente y donde cada parcela fue dividida en cuatro subparcelas a través de canales de desviación, considerando cada una de ellas como unidades de muestreo. La superficie de las parcelas fue de 120 m² y cada subparcela abarcó un área de 5 metros de ancho por 6 metros de largo para un total de 30 m².

Se realizó una fertilización inicial con 12-24-12 (300 kg.ha⁻¹) al momento de la siembra y reabonado con 150 kg.ha⁻¹ de úrea después del entresaque, colocando el fertilizante en bandas a 4 cm de profundidad. La siembra del algodón fue realizada manualmente el 26/07/91 y se utilizó la variedad Deltapine 16 en hileras de 6 metros de largo por 1 metro entre hileras, a chorro corrido, a razón de 20 kg de semilla por hectárea. Luego a los 30 días después de la siembra se efectuó un entresaque dejando 30 plantas por hilo, a una separación de 0,20 metros entre plantas para una densidad de 50.000 plantas/ha.

Se establecieron tres intervalos de muestreo de suelo 0-10; 10-20 y 20-30 cm de profundidad

Bravo y Florentino

Labranza en algodón

para la evaluaciones de las variables físicas y se efectuaron tres muestreos (muestras no disturbadas), uno antes de la siembra, otro al momento de la siembra y el último en la etapa final del cultivo (cosecha), siendo posteriormente procesadas dichas muestras según metodología descrita por Pla (1983).

La resistencia mecánica del suelo se evaluó tanto al inicio como al final del ciclo de cultivo, a las mismas profundidades de muestreo, mediante el empleo de un penetrómetro de punta cónica.

El contenido de humedad del suelo se determinó con una sonda de neutrones (Greacen, 1981; Florentino, 1991) para lo cual fueron instalados tubos de acceso en cada una de las parcelas.

La evaluación de la distribución de raíces se realizó a los 70 días después de la siembra a través de la metodología de perfil de pared descrita por Bohm (1979). Para ello se construyó una trinchera de 60 cm de profundidad por 40 cm de ancho y luego se efectuó un mapeo en la base del tallo mediante el empleo de papel celofán y marcadores.

Para evaluar el rendimiento del algodón se cosechó, en cada unidad experimental, los dos hilos centrales para un área de 6 m², expresándose los rendimientos de algodón en rama en kg/ha.

Los resultados para todas las evaluaciones fueron analizados estadísticamente mediante la aplicación de análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para comparar los tratamientos de labranza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización física inicial del suelo

Los resultados de algunas propiedades físicas de la caracterización inicial se muestran en el Cuadro 1. Se puede observar que la densidad aparente del suelo se incrementó con la profundidad, registrando un valor de 1,50 Mg/m³ entre los 20 y 30 cm y estando por encima del límite crítico establecido por Pla (1983) para esta clase textural. La macroporosidad del suelo ubicada por debajo del valor crítico (10 %) y la conductividad hidráulica, indican que podrían existir tanto problemas de aireación como de movimiento de agua a través del perfil del suelo.

Cuadro 1. Características físicas iniciales del suelo en la parcela experimental. Suelo franco arcilloso.

Propiedades físicas	Profundidad (cm)		
	0-10	10-20	20-30
Densidad aparente (Mg/m ³)	1,41	1,45	1,50
Porosidad total (%)	48,87	46,55	47,00
Macroporosidad (%)	7,68	4,88	4,75
Conductividad hidráulica (mm/h.)	1,20	0,19	0,15
Módulo de ruptura (MR)	0,51	0,78	0,87

En cuanto al módulo de ruptura (Cuadro 1), como indicador de la resistencia mecánica del suelo, se observó en todos los casos valores bajos. Esto sugiere que, aunque pudieran existir problemas de compactación, la resistencia a la roturación y la resistencia mecánica a la extensión radicular puede ser baja.

En relación a la conductividad hidráulica del suelo en función del tiempo de precipitación (Figura 1), lo cual puede reflejar el proceso de deterioro estructural del suelo, se observó un descenso brusco de su valor tanto en el horizonte superficial como en el argílico.

Los resultados de esta prueba indican una baja estabilidad de estos suelos al impacto de las gotas

de lluvia, trayendo como consecuencia que se limite la penetración del agua en el suelo, se aumenten los riesgos de escurrimiento superficial y se acentúen los problemas de erosión hídrica de la zona bajo estudio. Tal situación puede ser debida a la alta proporción de materiales finos como el limo, arena fina y muy fina en los agregados, al bajo contenido de materia orgánica y a la presencia de arcillas de baja actividad (Cuadro 2). Estos resultados revelan la importancia de proteger el horizonte superficial, ya que si el mismo se erosiona puede emerger un horizonte de menor estabilidad estructural (argílico).

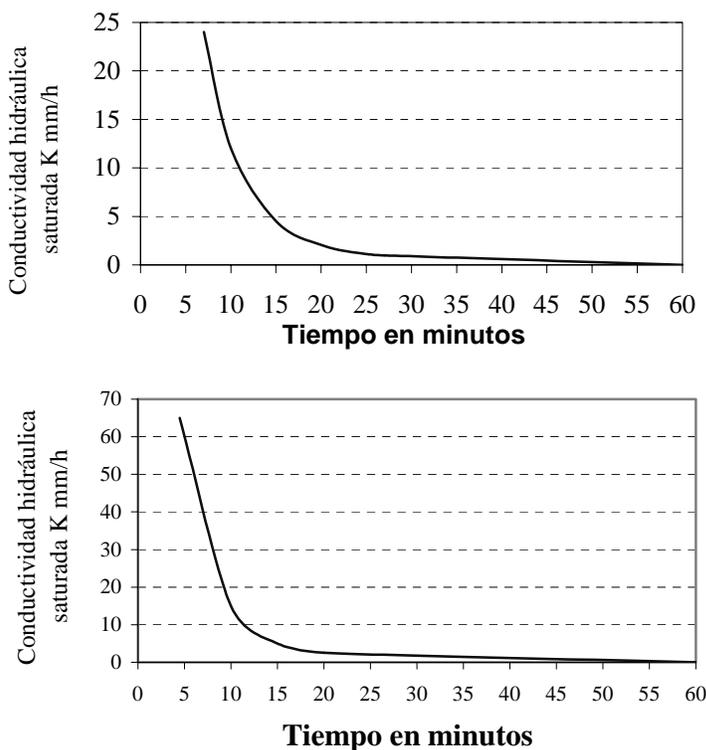


Figura 1. Conductividad hidráulica saturada en función del tiempo de precipitación

Cuadro 2. Distribución de tamaño de partículas y características químicas del área bajo estudio

Característica	Profundidad 0-20 cm
Arena muy gruesa	% 8,4
Arena gruesa	% 6,6
Arena media	% 6,0
Arena fina	% 10,0
Arena muy fina	% 6,0
Limo	% 29,0
Arcilla	% 34,0
Clase Textural	FA
pH (1:1) Agua	5,5
Materia Orgánica	% 1,60
Fósforo	ppm 2,00
K intercamb. (me/100 g suelo)	102,00

Evolución de las características físicas durante el desarrollo del cultivo.

En el Cuadro 3 se presentan los valores de densidad aparente, porosidad total, macroporosidad y conductividad hidráulica saturada durante el desarrollo del cultivo. Estos datos indican que las condiciones del suelo al momento de la siembra fueron diferentes como

respuesta del mismo a los distintos tratamientos de labranza empleados. Los análisis de varianza de la densidad aparente mostraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) para las profundidades de 0-10 cm y de 20-30 cm al momento de la siembra y para las profundidades de 0-10 cm y 10-20 cm al momento de la cosecha, siendo menor a la siembra en aquellos tratamientos donde se perturbó más el suelo (LC y LMCS) para todas las profundidades de muestreo, producto quizás de la acción de roturación de la rastra y el subsolado, respectivamente. Sin embargo, para el segundo muestreo a los 120 días después de la siembra (a cosecha) se observó un incremento de dicha variable en todos los tratamientos, registrándose los valores más bajos en LMCS y los cambios más drásticos en LC.

En relación a la porosidad total sólo se presentaron diferencias significativas para el momento de la siembra en los primeros 10 cm de profundidad y los valores más altos se correspondieron con LMCS. Generalmente el porcentaje de macroporosidad fue significativamente más alto en LMCS y LMB en los primeros 20 cm a la siembra. Para la etapa

Bravo y Florentino**Labranza en algodón**

final del cultivo ocurrió una disminución, reflejando cierto grado de inestabilidad del suelo al impacto de las gotas de lluvia, lo que trajo como consecuencia que los poros grandes colapsaran, se taparan y disminuyera el volumen de macroporos.

La conductividad hidráulica en el horizonte superficial fue muy variable, destacándose el

tratamiento con subsolado (LMCS), donde se obtuvo el valor más alto. Tales resultados se corresponden con los valores de macroporosidad, sugiriendo que con mayores valores de la misma se mejora el movimiento de agua a través del perfil. Para los horizontes más profundos, aunque se mantuvo aproximadamente la misma tendencia, las diferencias fueron menos evidentes.

Cuadro 3. Valores promedios de densidad aparente (Da), porosidad total (PT), macroporosidad (M) y conductividad hidráulica saturada (Ks).

Prof. (cm)	Trat.	Da (Mg/m ³)		PT (%)		M (%)		Ks (cm/h)	
		MS	MC	MS	MC	MS	MC	MS	MC
(0-10)	LC	1,31 b	1,44 a	52,7 a	52,3 a	20,9 b	15,8 a	5,69 a	1,20 a
	LMC	1,42 a	1,46 a	49,2 a	48,8 a	18,9 b	18,8 a	3,63 a	1,87 a
	LMB	1,32 b	1,39 b	54,1 a	54,5 a	24,7 a	22,7 a	10,70 b	10,30 b
	LMCS	1,28 b	1,31 c	55,9 b	52,9 a	27,3 a	22,8 a	16,80 c	10,30 b
(10-20)	LC	1,32 a	1,48 a	54,2 a	47,4 a	20,8 b	14,4 a	2,20 a	0,53 a
	LMC	1,34 a	1,50 a	54,9 a	45,7 a	21,1 b	15,5 a	1,40 a	1,87 a
	LMB	1,38 a	1,49 a	58,1 a	48,4 a	24,4 a	13,8 a	1,19 a	0,88 b
	LMCS	1,30 a	1,35 b	54,9 a	50,2 a	25,4 a	17,6 a	7,10 b	2,52 b
(20-30)	LC	1,46 a	1,46 a	53,2 a	45,6 a	18,6 ab	15,1 ab	1,34 a	0,88 a
	LMC	1,47 a	1,54 a	49,9 a	45,6 a	17,2 bc	14,1 b	3,63 b	2,61 b
	LMB	1,50 a	1,52 a	50,9 a	44,6 a	14,9 c	13,9 b	1,81 a	0,41 a
	LMCS	1,35 b	1,32 a	54,9 a	49,9 a	21,2 a	17,8 a	7,82 c	2,07 b

LC: Labranza Convencional; LMC: Labranza Mínima + Crotalaria; LMB: Labranza Mínima + Barbecho Natural; LMCS: Labranza Mínima + Crotalaria y Subsulado. MS: Muestreo a la Siembra MC: Muestreo a la Cosecha.

Valores con la misma letra presentaron igual comportamiento estadístico ($p \leq 0,05$).

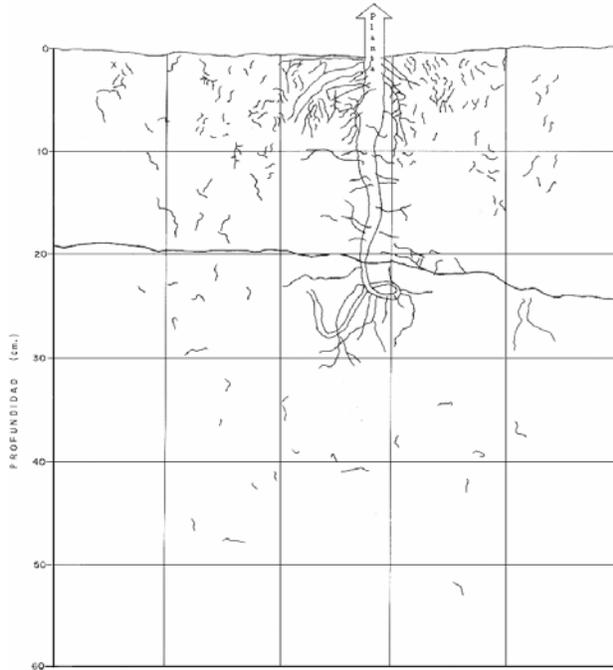
La resistencia mecánica y el contenido de humedad del suelo se presentan en el Cuadro 4. En el mismo, se puede observar que, indiferentemente del sistema de labranza, los valores de resistencia mecánica van aumentando con la profundidad, registrándose los valores más bajos en LMCS en todos los momentos y profundidades de muestreo. Tal situación podría deberse más que al contenido de humedad del suelo, a los valores más bajos de densidad aparente generados por dicho tratamiento. De la evolución de la resistencia mecánica a través del tiempo, se observó un aumento de este índice desde la siembra hasta la cosecha, jugando un papel importante tanto el incremento en la densidad aparente como la disminución del contenido de humedad de suelo.

Distribución de Raíces.

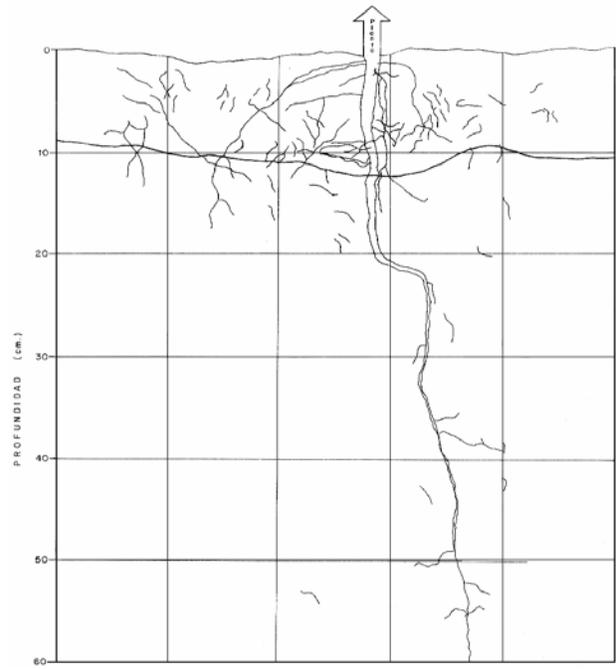
La Figura 2 muestra la distribución del sistema radicular obtenida para los diferentes

sistemas de labranza. En los mismos se destaca que, en todos los casos, la mayor concentración de raíces se ubicó en los primeros 15 cm del perfil, no obstante el tratamiento de labranza mínima con subsolado (LMCS) fue el que presentó una distribución más uniforme y profunda en comparación con el resto de los tratamientos. Tales resultados confirman que el mantenimiento de unas mejores condiciones físicas pueden generar cambios en el perfil del suelo que se traducen en este tipo de patrón de desarrollo radicular.

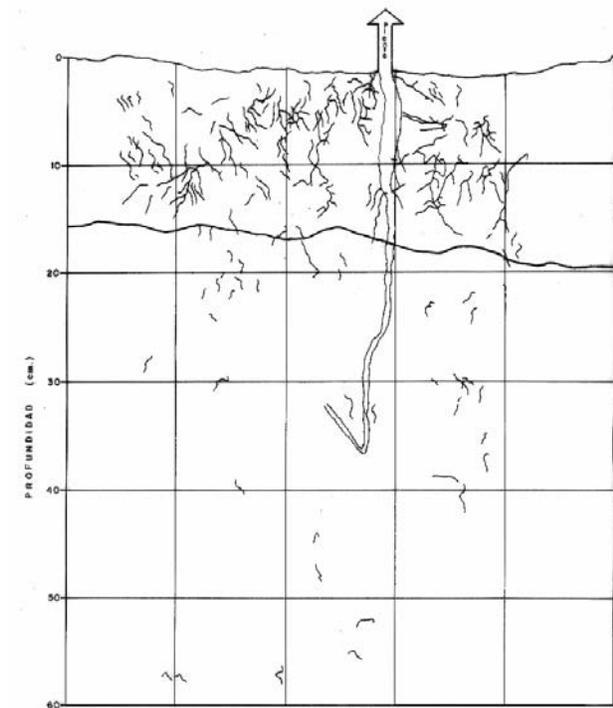
La resistencia mecánica y la densidad aparente son considerados como indicadores de las condiciones de compactación del suelo; los valores obtenidos para ambas variables podrían hacer pensar que constituyeron un impedimento a la penetración de las raíces del cultivo; sin embargo, los estudios de distribución de las mismas evidenciaron que éstas sí pudieron penetrar en todos los tratamientos.



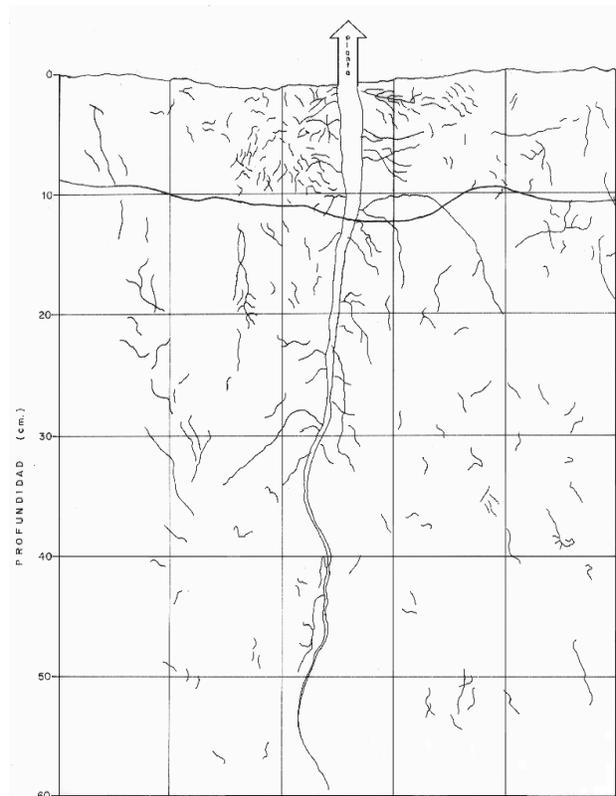
Mapeado de raíces realizado mediante el método de perfil de pared o calicata en el tratamiento LC



Mapeado de raíces realizado mediante el método de perfil de pared o calicata en el tratamiento LMC



Mapeado de raíces realizado mediante el método de perfil de pared o calicata en el tratamiento LMB



Mapeado de raíces realizado mediante el método de perfil de pared o calicata en el tratamiento LMCS

Figura 2. Distribución de raíces para los distintos tratamientos de labranza realizado por el método de perfil de pared, a cero distancia de la planta

En general, el contenido de humedad del suelo fue alto al compararlo con los valores de humedad a capacidad de campo (32 %) y agua aprovechable (12 a 21 %) en todos los tratamientos de labranza a través del ciclo del cultivo, no registrándose diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$) entre los mismos. Tal

situación se debió a que las precipitaciones caídas durante el ciclo (Figura 3) superaron el promedio de la zona (1000 vs. 640 mm) lo cual hizo que el perfil permaneciera húmedo en todos los sistemas de labranza y confiriéndole las características de un año húmedo.

Cuadro 4. Valores promedios de resistencia mecánica (MPa) y contenido de humedad del suelo (%) para diferentes sistemas de labranza.

Prof. (cm)	T		Muestreo a la siembra		Muestreo a la cosecha	
	Trat.	RM	H %	RM	H %	
(0-10)	LC	0,76 a	16,79 a	3,57 a	12,51 a	
	LMC	0,78 a	16,20 a	3,50 a	15,52 a	
	LMB	0,82 a	21,97 a	3,13 b	16,45 a	
	LMCS	0,47 b	17,97 a	3,63 a	15,84 a	
(10-20)	LC	2,50 a	25,00 a	3,75 a	18,81 a	
	LMC	2,44 a	24,63 a	3,75 a	19,44 a	
	LMB	2,56 a	27,53 a	3,75 a	22,39 a	
	LMCS	1,69 b	28,46 a	3,56 b	18,66 a	
(20-30)	LC	2,79 a	26,71 a	3,69 a	21,69 a	
	LMC	2,85 a	25,17 a	3,75 a	19,89 a	
	LMB	2,88 a	30,67 a	3,60 a	20,94 a	
	LMCS	2,38 b	31,11 a	3,60 a	20,63 a	

LC: Labranza Convencional; LMC: Labranza Mínima + Crotalaria; LMB: Labranza Mínima + Barbecho Natural; LMCS: Labranza Mínima + Crotalaria y Subsulado
RM: Resistencia Mecánica del suelo.

Valores con la misma letra presentaron igual comportamiento estadístico ($p \leq 0,05$)

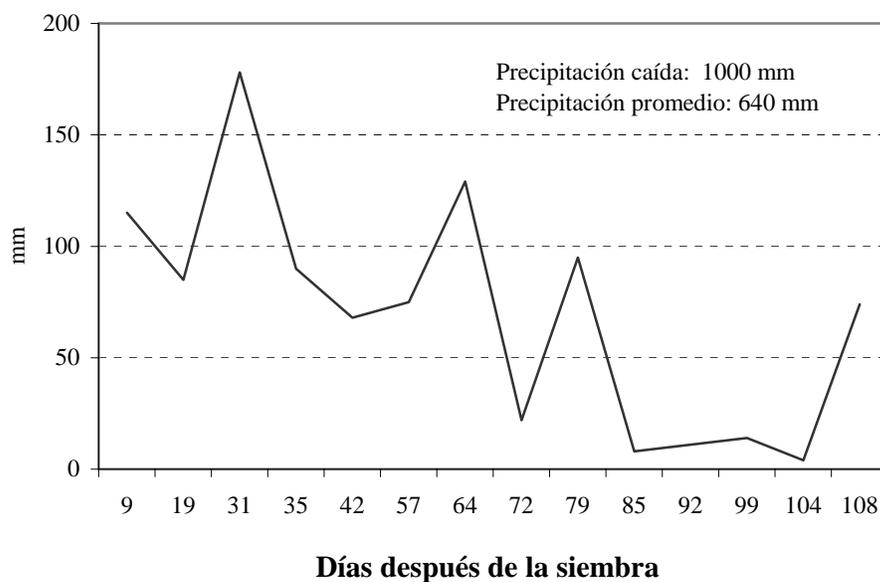


Figura 3. Precipitaciones caídas durante el desarrollo del cultivo de algodón

Rendimiento

Los análisis de varianza para la variable rendimiento del algodón no detectaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) para los distintos tratamientos de labranza. En el Cuadro 5 se puede observar que los rendimientos de algodón en rama mostraron la siguiente tendencia $LC > LMC > LMCS > LMB$, obteniéndose los mayores rendimientos con LC. Resultados similares fueron encontrados por otros investigadores (Brown, et al., 1985; Yoo et al., 1988). Se hace difícil atribuir a un solo factor los rendimientos más altos obtenidos por LC debido a que los mismos son un índice integrador de un conjunto de componentes donde intervienen aspectos de diversa naturaleza (químicos, físicos y biológicos), pero según los resultados obtenidos, el factor determinante fue la gran cantidad de agua caída durante todo el ciclo del cultivo que posiblemente no permitió que los tratamientos de labranza y cobertura mostraran sus beneficios como habría de esperarse para un año de precipitaciones normales.

Cuadro 5 Rendimientos de algodón en rama ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) bajo diferentes sistemas de labranza.

Tratamientos de Labranza	Rendimientos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
LC	1591 a
LMC	1506 a
LMB	1388 a
LMCS	1488 a

LC: Labranza Convencional; LMC: Labranza Mínima + Crotalaria; LMB: Labranza Mínima + Barbecho Natural; LMCS: Labranza Mínima + Crotalaria y Subsulado.

Valores con la misma letra presentaron igual comportamiento estadístico ($p \leq 0,05$)

CONCLUSIONES

- 1.- La tasa de cambio observada en las variables físicas reflejan la baja estabilidad de estos suelos, observándose que los cambios más drásticos ocurrieron en el tratamiento convencional en los primeros horizontes, no obstante el sistema de labranza mínima con crotalaria y subsulado (LMCS) fue el que mantuvo las mejores condiciones físicas a través del ciclo del cultivo.
- 2.- Las prácticas de labranza generaron un efecto modificante de las propiedades físicas en la capa

de suelo labrada, la cual depende del tipo de implemento y de la profundidad de perturbación del mismo.

3.- Tanto la capa superficial como la subsuperficial (argílico) de estos suelos son altamente susceptibles al impacto de las gotas de lluvia, lo cual le confiere una alta vulnerabilidad al proceso de erosión hídrica.

4.- Los efectos negativos debido a los valores altos de la densidad aparente y la resistencia mecánica, en un año muy húmedo no se manifestaron en toda su intensidad y tuvieron poca influencia sobre el desarrollo del cultivo.

5.- El mantenimiento de unas mejores condiciones físicas por el sistema de labranza mínima con crotalaria más subsulado (LMCS) no se tradujo en unos mayores rendimientos y no se consiguieron diferencias significativas de esta variable entre los tratamientos.

AGRADECIMIENTO

Se reconoce el apoyo financiero proporcionado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela y por la Compañía Algodonera Central C.A.

LITERATURA CITADA

1. Adeoye, K.B. 1982. Effect of tillage depth on physical properties of a tropical soil on yield of maize, sorghum and cotton. Soil Tillage Res. 2:225-231.
2. Baker, H. 1987. Effects of tillage practices on cotton double cropped with wheat. Agron. J. 79:513-516.
3. Bohm, W. 1979. Methods of studying root systems. Spinger Verlag. Heidelberg. New York. pp. 49-53
4. Bravo, C. 1993. Efecto de diferentes sistemas de labranza sobre las propiedades físicas del suelo y su influencia en el rendimiento del cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en un Alfisol del estado Guárico. Tesis. Postgrado en Ciencias del Suelos. Facultad de Agronomía. UCV. Maracay. 117 p.
5. Bravo, C. 1995. La labranza conservacionista en Venezuela. III Reunión de la Red

Bravo y Florentino**Labranza en algodón**

- Latinoamericana de labranza conservacionista (RELACO). San José, Costa Rica. Memorias. pp. 235-247.
6. Brown, S. M. T. Whitwell; J. T. Touchton y C.H Burmester. 1985. Conservation tillage systems for cotton production. Soil Sci. Soc. Am. J. 49:1256-1260.
 7. Derpsch, R., C. H. Roht, N. Sidiras y U. Kopke. 1991. Controle da erosao no Paraná. Sistemas de cobertura do solo, plantio directo e preparo conservacionista do solo. IAPAR. Brasil. 272 p.
 8. Florentino de A., A. 1991. Métodos para medir humedad en el suelo. Manual de Física de suelos. Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía. UCV. Maracay. 20 p.
 9. Greacen, E. L. 1981. Soil water assessment by neutron method. Division of Soils. CSIRO, Adelaide, Australia. 140 p.
 10. Harman, L. W., G. J. Michels y A. F. Wiese 1989. A conservation tillage system for profitable cotton production in the Central Texas High Plains. Agron. J. 81:615-618.
 11. Larson, W. E. 1964. Soil parameters for evaluating tillage needs and operations. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28:118-122.
 12. Lal, R. 1979. Importance of tillage systems in soil and management in the tropics. *In*: Soil Tillage and Crop Production. IITA Proc., Serie. N° 2:25-32.
 13. Lindstrom, M. J. y C. A. Onstad. 1984. Influence of tillage systems on soil physical parameters and infiltration after planting. Journal of Soil Water Conservation. 32:149-152.
 14. Marciano F., C. Ohep. y F. Desiderio. 1994. Efecto de la labranza y del nitrógeno en algunos componentes del rendimiento, macroporosidad del suelo, densidad radical y producción del maíz (*Zea mays* L.). Agronomía Tropical 44 (1): 5-22.
 15. Pla, I. 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Avance N° 30, Revista Facultad de Agronomía, U.C.V. Maracay.
 16. Truelove, B. 1977. Research methods in weed science. *In*: Southern Weed Science Society. Second Edition. Auburn, Alabama. pp. 21-23.
 17. Yoo, K. H., J. T. Touchton y R. H. Walker. 1988. Runoff, sediment and nutrient losses from various tillage systems of cotton. Soil Tillage Res. 12:13-24.