

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE LABRANZA SOBRE EL SUELO Y EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN MAÍZ-FRIJOL

Samuel R. Cabrera P*.

RESUMEN

En la parcela de un productor ubicada en el municipio Ospino del estado Portuguesa, en un suelo Fluvaquentic Ustropepts, franco arcilloso limoso, se instaló un ensayo con cinco prácticas de labranza: arado de discos con tres pases de rastra de discos (AD); rastra de discos, 4 pases (RD); labranza mínima, con un pase de rastra (LM); arado de cincel con 3 pases de rastra (AC) y big rone más 3 pases de rastra (BR). El objetivo fue el de evaluar sus efectos sobre la densidad aparente (Da), resistencia mecánica a la penetración (RMP), contenido de humedad (H), distribución de raíces, profundidad radical y rendimiento en kg/ha de grano seco al 12 % de humedad, de los cultivos maíz y frijol componentes del sistema de producción en estudio. Se encontró que las prácticas de labranza tuvieron su efecto sobre las condiciones del suelo, disminuyendo su Da en el estrato de 0-15 cm de profundidad e igualmente la RMP. No obstante, a la profundidad de 15-30 cm, en todos los tratamientos, hubo un incremento de las mismas. Donde se utilizó la labranza profunda, las raíces de la planta de maíz lograron mayor penetración vertical y una mejor distribución de las mismas en el perfil del suelo. La LM y RD presentaron la mayor cantidad de raíces en el estrato de 0-10 cm. El mayor rendimiento de maíz correspondió a BR con 4.112 kg/ha, el cual no fue significativamente superior al resto de los tratamientos, excepto con la LM. Para el cultivo de frijol, la mayor profundidad radical se alcanzó con AD seguido de AC y BR que mostraron igual comportamiento con 42, 31 y 31 cm, respectivamente. El mayor rendimiento correspondió a AD con 1.360 kg/ha el cual fue significativamente superior al resto de los tratamientos. Los métodos de labranza mejoraron las condiciones físicas del suelo, Da y RMP, principalmente, aquellos que realizaron una perturbación uniforme del perfil, AD, BR, y AC, favoreciendo la capacidad de almacenamiento y disponibilidad de agua, que permitió un mejor crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz y frijol y por ende un mayor rendimiento de grano seco de ambos cultivos.

Palabras claves: Labranza, rendimiento, maíz, frijol, sistema de producción.

ABSTRACT

Effect of several tillage methods on soil properties in the corn-bean production system

This study was conducted on a farm setting at the municipio Ospino, Portuguesa state, on a clay silty loam soil. The objective was to evaluate the effect of five tillage methods on the soil bulk density, soil resistance to penetration, gravimetric soil moisture, root density, root depth, and grain yield of corn (*Zea mays* L.) and bean (*Vigna unguiculata* L. Walps). Tillage methods were: i) disk plowing + 3 disking operations (AD); ii) 4 disking operations (RD); iii) minimum tillage (ML), which consisted of 1 disking operation; iv) chisel plowing + 3 disking operations (AC); and v) Big - roming + 3 disking operations (BR). All tillage methods improved soil conditions, reducing bulk density and soil resistance to penetration at the 0-15 cm soil depth. At the 15-30 cm; however, both soil properties were increased for all tillage methods. Deeper tillage allowed greater vertical root penetration and better root distribution for corn. Greater root density at the 0-10 cm soil depth was showed by the LM and RD methods. Higher grain yield (adjusted to 12 % moisture content) was observed by the BR method (4,112 kg ha⁻¹) but it not was not significantly different from the rest except for the LM method. Higher root depth for bean was observed in the AD, AC, and BR methods with values of 42, 31, and 31 cm, respectively. Highest grain yield was showed by the AD method (1,360 kg ha⁻¹) that was significantly different from de rest. We concluded that the tillage methods used in this study improved soil physical conditions especially those that caused uniform soil disturbance. The soil storage capacity and soil water availability may be increased allowing a better growth and plant development and ultimately, favoring better grain yield for both crops.

Key words: Tillage, grain yield, production system, corn-bean rotation.

INTRODUCCIÓN

El continuo laboreo del suelo, sin época de descanso, tanto para el ciclo de lluvia como a

salida de ésta, con implementos como la rastra de discos ha venido produciendo degradación de la estructura, generando problemas de sellado y

* FONAIAP: Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Portuguesa (CIAEP).
Apdo. 102. Araure. Portuguesa.

formación de costras (encostramiento) por dispersión de las partículas del suelo, obstrucción de los espacios porosos del mismo y compactación, que además de incrementar el impedimento mecánico al desarrollo radical, principalmente para los cultivos de rotación, reduce también el espacio de exploración de las raíces para los cultivos que se explotan en ambos ciclos (Marcano, 1978; Pla Sentis, 1983; Florentino, 1989; Cabrera et al., 1990; Lozano, 1995; Pla Sentis, 1995). El efecto en el suelo de las fuerzas externas aplicadas va a estar determinado por la distribución de tamaño de partículas del suelo, por el estado de agregación, por la distribución del tamaño de los agregados, por el contenido de materia orgánica y principalmente por el contenido de humedad del suelo al cual se realizan las operaciones de labranza (Florentino, 1989).

El tipo de implemento y las condiciones del suelo tienen una gran influencia en la configuración final del mismo. En este sentido Linden y Van. Doren Jr. (1986) indican que la rugosidad inducida al suelo por la labranza es una consecuencia importante de la misma, los fenómenos de transporte de agua y aire. Lal (1983), refiere que la acelerada tasa de degradación de los suelos en los trópicos y la consecuente declinación en la productividad de los mismos, puede ser controlada por efectivos sistemas de conservación.

La baja retención de agua, permeabilidad excesiva, alta resistencia mecánica al crecimiento de las raíces causan estrés hídrico en los cultivos (Arora et al., 1991). Ellos sugieren que las respuestas del maíz a la profundidad de labranza están influenciadas por la interacción de la capacidad de retención de agua por el suelo y la evaporación estacional, que juntos determinan la frecuencia y extensión del déficit de este elemento.

Los efectos de la perturbación de los implementos de labranza sobre las propiedades físicas del suelo han sido ampliamente estudiadas (Marcano et al., 1993a, 1993b; Gil y Albornoz, 1995; Pla Sentis, 1995; Bravo, 1995; Ohép et al., 1996; Silva y Gil, 1996). Las propiedades del suelo resultantes a partir del uso de un implemento varían debido a características del implemento, velocidad de la labranza y factores del suelo (contenido de humedad,

cobertura con residuos, textura, etc.); las propiedades del suelo para una operación dada es difícil de visualizar, mucho menos predecir (Unger y Cassel, 1991). En este sentido se han conseguido resultados de los efectos del continuo laboreo sobre la densidad aparente y resistencia mecánica a la penetración del suelo y, desarrollo radical de los cultivos (Bonciarelli et al., 1986; Onwualu y Anazodo, 1989; Ojeniyi, 1990; Busscher y Soyka, 1990; Hill, 1990b; Chang y Lindwall 1992; Marcano et al., 1994; Cabrera y Delgado, 1996).

Estudios realizados en los sistemas de producción agrícola donde el cultivo de maíz juega un papel importante, han generado resultados que indican un efecto significativo de la labranza sobre el rendimiento del maíz; aunque no así, para el cultivo de rotación (Randall y Swan, 1987; Randall et al., 1987). Otros autores como Sharma y Mbogoni (1988), encontraron un efecto del arado de cincel después de tres estaciones de crecimiento. Hiniguez y Laskam (1987), trabajando con el sistema de producción maíz-frijol, encontraron en forma general, que los cultivos solos tuvieron un mayor rendimiento que los cultivos asociados, bajo tres sistemas de labranza: convencional, mínima y cero.

Ante la situación del manejo de suelos en los Llanos Occidentales, durante los dos ciclos agrícolas, sin descanso, y con miras a reducir la degradación de los suelos, se condujo este ensayo en una parcela de un productor en el municipio Ospino del estado Portuguesa, con el fin de evaluar el efecto de diferentes prácticas de labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo y sus efectos sobre la productividad del sistema de producción maíz-frijol.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio fue llevado a cabo en la finca "Los Gallos", municipio Ospino, estado Portuguesa, ubicada geográficamente a 9°14'30" N y 69° 28'10" W, a una altura de 230 msnm, sobre un suelo Fluvaquentic Ustropepts, franco grueso, isohipertérmico.

La zona se caracteriza por una precipitación anual entre 1.200 y 1.500 mm, 4 a 5 meses secos y una temperatura entre 24 y 27 °C. El material parental son aluviones del río Ospino, tipo

de paisaje planicie aluvial posición geomorfológica terraza intermedia, pendiente: 0-2 %, de forma plana, drenaje interno medio, drenaje externo lento, permeabilidad lenta, clase de drenaje imperfectamente drenado, limitaciones agronómicas en fertilidad y drenaje (Granados, 1988).

Antes de aplicar los tratamientos de labranza se determinó la densidad aparente (Da), resistencia mecánica a la penetración (RMP) y humedad gravimétrica (H) en el suelo a las profundidades de 0-15 y 15-30 cm. Luego para evaluar el efecto de los implementos de labranza sobre la densidad aparente y RMP, las mismas fueron cuantificadas el 19/06/92, 10/07/92 y 11/08/92, a igual profundidad.

Los valores de densidad aparente, resistencia mecánica a la penetración y contenido de humedad gravimétrica antes de la preparación a las profundidades de 0-15 y 15-30 cm, fueron de 1,59 y 1,60 Mg/m³; 1,16 y 0,82 MPa y 18,05 y 19,13 %, respectivamente.

Se utilizó como diseño experimental el de bloques al azar con seis repeticiones. Los tratamientos correspondieron a cinco métodos de labranza: arado de discos más tres pases de rastra de discos (AD); 4 pases de rastra de discos (RD), labranza mínima, un pase de rastra (LM); arado de cincel más 3 pases de rastra (AC); y big-rome más 3 pases de rastra (BR). Los tratamientos se aplicaron con un contenido de humedad promedio del suelo de 20 % en el estrato de 0-45 cm, alcanzándose una profundidad promedio de labor de 24, 19, 33 y 24 cm para AD, RD, AC y BR, respectivamente. En LM se aplicó el herbicida glifosato en dosis de 2 litros diluidos en 100 litros de agua, una semana antes de la siembra.

La siembra de maíz se efectuó el 25-05-92, con una sembradora convencional que coloca un grano por punto, de cuatro tolvas, calibrada para una densidad de siembra de aproximadamente 66.000 plantas/ha. Las parcelas experimentales tenían 8 hileras de 10 m de longitud c/u, separadas a 0,90 m. Como material de siembra se utilizó el híbrido Pioneer 05065.

La fertilización básica se efectuó conjuntamente con la siembra, utilizando una dosis de 400 kg/ha de la fórmula 15 - 15 - 15. El reabonamiento se realizó a los 30 días de edad

del cultivo, con una dosis de 150 kg/ha de urea, aplicada en bandas sobre la superficie del suelo.

El control preemergente de malezas se efectuó con una mezcla de 0,99 kg/ha de i.a. pendimethalin más 1,8 kg/ha del i.a. atrazina, diluidos en 200 litros de agua, a esta mezcla se le agregó 0,5 L/ha del insecticida chlorperifos para controlar ataques de gusanos cortadores.

El control de plagas, principalmente gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda*, se realizó con methomil en dosis de 1,0 L/ha.

Una vez cosechado el maíz el 10-10-92, para la siembra del frijol, las parcelas correspondientes a los tratamientos AD, RD, BR y AC se prepararon con cuatro pases de rastra, dando un solo pase en la de LM y luego aplicando el herbicida (glifosato) en dosis similar a la utilizada en maíz. La siembra se efectuó el 30-11-92, con la misma sembradora empleada en el cultivo de maíz, calibrada para una densidad de siembra de aproximadamente 200.000 plantas/ha. Las parcelas experimentales tenían 16 hileras de 10 m de longitud c/u, separadas a 0,50 m. Como material de siembra se utilizó la variedad Tuy (FONAIAP, 1988).

En el cultivo del frijol no se aplicó fertilizante. El control del coquito perforador (*Ceratoma* spp.; *Diphaulaca* spp.) y de áfidos (*Aphis craccivora*) se realizó con la aplicación del insecticida Dimetoato, en dosis de 1,0 L/ha.

En el suelo se evaluó el contenido de humedad, en diferentes estados de crecimiento de los cultivos, densidad aparente por el método del cilindro (Pla Sentis, 1983); resistencia mecánica a la penetración (Nacci y Pla Sentis, 1991). Estas variables fueron determinadas en cada una de las repeticiones, por lo que los valores presentados son promedios de las réplicas.

En los cultivos de maíz y frijol se determinó el patrón de distribución de las raíces y profundidad radical máxima (Bohn, 1979). Igualmente se determinó el rendimiento en kg/ha de grano seco ajustados al 12 % de humedad.

Los resultados fueron analizados mediante el análisis de varianza. Se usó la prueba de rango múltiple de Duncan, para la separación de medias. Los cálculos se hicieron por medio electrónico utilizando el paquete estadístico MSTAT-C.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cultivo de maíz

En el Cuadro 1 se presentan los valores promedios de densidad aparente y resistencia mecánica a la penetración para las diferentes fechas de evaluación durante el ciclo de desarrollo del cultivo maíz.

Se aprecia que los tratamientos de labranza aplicados, al comparar los valores determinados originalmente, disminuyeron la Da en el estrato de 0-15 cm, desde 1,59 a valores de 1,54, 1,48, 1,50, 1,47 y 1,49 para los tratamientos AD, RD, LM, AC y BR, respectivamente; en cambio que, se generó un incremento en el de 15-30 cm, pasando de 1,60 a 1,64, 1,62, 1,65, 1,62 y 1,64 para los tratamientos AD, RD, LM, AC y BR, respectivamente. La magnitud de los cambios producidos estuvo en función del tipo de

implemento utilizado. El mayor efecto lo produjo AD, al lograr mantener los valores más bajos de Da y RMP a la última fecha de evaluación. Algunos investigadores como EL-Gayar et al. (1986), encontraron que la Da disminuyó de 1,28 a 1,00 Mg/m³ con AD en el estrato de 0-30 cm; Hill (1990a; 1990b) trabajando por doce años con labranza convencional y no labranza encontró efectos significativos de la labranza sobre la Da, los suelos no labrados tuvieron mayor Da a todas las profundidades; Marcano et al. (1993b) encontraron que la práctica de arado de vertedera más rastra redujo la Da significativamente y Gil y Alborno (1995) sólo encontraron diferencias significativas entre la labranza mínima (LM) y labranza convencional (LC) en la Da a la profundidad de 0-10 cm, siendo mayor en LM.

Cuadro 1. Densidad aparente (Mg/m³) y resistencia mecánica a la penetración (MPa) a diferentes profundidades del perfil del suelo durante el desarrollo de la planta de maíz para los diferentes tratamientos.

Trat.	Prof. (cm)	Fechas de evaluación					
		19-06-92		10-07-92		11-08-92	
		Da	RMP	Da	RMP	Da	RMP
AD	0-15	1,54	0,25	1,45	0,17	1,50	0,11
	15-30	1,64	0,18	1,63	0,23	1,61	0,23
RD	0-15	1,48	0,14	1,51	0,30	1,49	0,36
	15-30	1,62	0,21	1,66	0,30	1,65	0,20
LM	0-15	1,50	0,10	1,52	0,33	1,56	0,42
	15-30	1,65	0,19	1,65	0,30	1,64	0,20
AC	0-15	1,47	0,10	1,46	0,33	1,49	0,51
	15-30	1,62	0,21	1,66	0,26	1,63	0,25
BR	0-15	1,49	0,14	1,48	0,28	1,50	0,41
	15-30	1,64	0,26	1,65	0,24	1,63	0,24

De igual manera se observa que hubo un efecto de la labranza sobre la RMP, principalmente en aquellas que producen una disturbación uniforme en el perfil del suelo, caso del AD y BR. Carter (1991) encontró valores de RMP alrededor de 1,5 MPa en la labranza superficial y siembra directa, a 10-15 cm de profundidad mientras que Gil y Alborno (1995) encontraron resultados donde la Da y la RMP fueron mayores, generalmente, a lo largo del perfil del suelo estudiado, en LM con respecto a LC.

En el Cuadro 2, se presentan los resultados de la distribución porcentual y profundidad

promedio alcanzada por las raíces de la planta de maíz en las diferentes profundidades del perfil del suelo, así como también los rendimientos de grano seco ajustados al 12 % de humedad. La mayor profundidad radical se alcanzó con AD. Esto coincide con los resultados presentados por Marcano (1978), Dowdy et al. (1988) encontraron, después de siete años de continua explotación de maíz, que el crecimiento longitudinal de las raíces fue más lento en la parte labrada y tendió a incrementarse en el estado R₁ (100 % de estigmas). Taylor y Brack (1991) indican que cambios en la compatibilidad del suelo no tienen efecto directo sobre el

desarrollo de las raíces, pero indirectamente afectan el enraizamiento a través de cambios en la disposición de la estructura y propiedades físicas del suelo.

En el mismo Cuadro 2, también se observa que el mejor patrón de distribución de las raíces a través de los diferentes estratos del suelo, lo presentan los tratamientos AD, AC y BR, debido a que las mismas alcanzaron una mayor profundidad, permitiéndole explorar un mayor volumen de suelo, aún en el estrato 40-50 cm. Los tratamientos LM y RD presentan la mayor cantidad de raíces en el estrato de 0-10 cm con

valores de 52,26 y 51,01 %, respectivamente. Resultados muy parecidos fueron encontrados por Bauder et al. (1985); Lugo (1989); Marcano et al. (1993a); Bravo (1995) y Cabrera y Delgado (1996). Marcano y Ohep (1997) indican que la preparación profunda del suelo contribuyó a una mayor infiltración del agua de lluvia y a un desarrollo profuso de las raíces, existiendo mayor posibilidad de aprovechamiento del nitrógeno por la planta de maíz, lo cual se reflejó en la respuesta de los componentes del rendimientos y en el rendimiento de grano del maíz.

Cuadro 2. Distribución de raíces, profundidad radical del maíz en las diferentes profundidades del perfil del suelo y rendimiento promedio de grano seco al 12 % de humedad, para los diferentes tratamientos de labranza.

Tratamiento	Prof. (cm)	Distrib. de raíces (%)	Prof. Radical (cm)	Rendimiento (kg/ha)*
AD	0-10	41,67	45	3.870 a
	10-20	30,39		
	20-30	17,05		
	30-40	8,25		
	40-50	2,64		
RD	0-10	51,01	42	3.895 a
	10-20	25,87		
	20-30	14,28		
	30-40	7,54		
	40-50	1,30		
LM	0-10	52,26	35	3.247 b
	10-20	32,51		
	20-30	10,80		
	30-40	4,43		
	40-50	0,00		
AC	0-10	35,89	43	3.758 a
	10-20	31,84		
	20-30	19,30		
	30-40	10,78		
	40-50	2,19		
BR	0-10	47,64	41	4.112 a
	10-20	33,54		
	20-30	12,06		
	30-40	6,06		
	40-50	0,70		

* Significativo ($P < 0,05$)

Los tratamientos con igual letra, tienen igual comportamiento estadístico.

Los tratamientos AD, RD, AC y BR mostraron igual comportamiento estadístico ($P < 0,05$) en cuanto a la variable rendimiento. El valor más bajo se obtuvo con LM, lo cual puede ser atribuido a la escasa profundidad radical debido a la compactación del suelo; esto difiere de lo encontrado por Coote y Malcolm (1989),

quienes comparando labranza convencional y no labranza en el cultivo de maíz, no encontraron diferencias significativas en el rendimiento; en cambio, Adeove y Mohamed (1990) presentaron resultados, los cuales indican que el rendimiento del maíz en grano se incrementó en 6 % por el acamellonado del

suelo y 24 % por el subsolado, en comparación a la rastra de discos. Este incremento se le atribuyó al aporte de nutrimentos y la utilización de humedad como resultado del volumen radical explorado. Marcano et al. (1993b) encontraron diferencias significativas entre el arado de vertedera más rastra y conformación de camellones, arado de cincel, 3 pases de rastra, 1 pase de rastra y no labranza y, Marcano y Ohep (1997) trabajando en un año con buena distribución de las lluvias, no encontraron ningún efecto de los tratamientos de labranza (arado de vertedera más rastra, rastra pesada más rastra, y rastra sola) sobre los rendimientos del maíz.

Cultivo Frijol

En el Cuadro 3 se presentan los valores promedios del contenido de humedad (H), Da y

RMP en los estratos del suelo determinados antes de la siembra y durante el desarrollo de frijol.

Los pases de rastra aplicados antes de la siembra del frijol tuvieron su efecto sobre la Da y la RMP al bajar sus valores en el estrato de 0-15 cm, en los diferentes tratamientos y, a medida que el suelo fue perdiendo humedad, los valores de RMP se fueron incrementando en los distintos estratos de muestreo. A la cosecha del frijol, el 31-01-93, la LM tenía el mayor valor de resistencia (1,16 MPa), en el estrato de 0-15cm. Para el mes de febrero, la LM y RD presentaron los mayores valores de RMP para los estratos de 0-15 y 15-30 cm, en el orden de 0,93 y 0,97 MPa; 1,14 y 0,92 MPa, respectivamente; para el resto de los tratamientos estuvo alrededor de 0,78 MPa, lo que demuestra todavía la influencia de estos tratamientos sobre la RMP.

Cuadro 3. Densidad aparente Mg/m^3 , resistencia mecánica a la penetración (RMP) y contenido de humedad (%) a diferentes profundidades del perfil del suelo durante el desarrollo de la planta de frijol, para los diferentes tratamientos de labranza.

Trat	Prof. (cm)	Fechas de evaluación								
		26- 10-92			22- 12-92			15- 01-93		
		Da	RMP	H	Da	RMP	H	Da	RMP	H
AD	0-15	1,42	0,83	21,04	1,24	0,33	15,72	1,25	0,79	13,40
	15-30	1,54	0,39	19,52	1,58	0,30	18,93	1,52	1,09	16,41
RD	0-15	1,46	0,71	20,94	1,33	0,31	16,46	1,40	0,62	14,56
	15-30	1,63	0,36	19,22	1,59	0,41	19,10	1,57	0,54	17,85
LM	0-15	1,50	0,96	20,43	1,37	0,70	18,31	1,41	1,16	15,33
	15-30	1,60	0,34	19,53	1,55	0,41	19,74	1,58	0,76	17,45
AC	0-15	1,41	0,88	20,53	1,39	0,28	16,55	1,30	1,06	13,50
	15-30	1,62	0,38	18,37	1,55	0,41	20,19	1,52	0,89	19,26
BR	0-15	1,44	0,79	19,90	1,32	0,15	17,86	1,30	0,78	14,58
	15-30	1,60	0,39	18,76	1,60	0,49	19,16	1,59	0,77	16,48

Fecha de siembra: 30 – 11 – 92

Fecha de cosecha: 31 – 01 – 93

En el Cuadro 4 se presentan los valores de la distribución y profundidad radical promedio de las plantas de frijol, así como el rendimiento de grano seco. Se encontraron diferencias significativas para la profundidad promedio alcanzada por las raíces del frijol en los diferentes tratamientos de labranza. La mayor concentración de raíces en el primer estrato de suelo (0-10 cm) se registró para LM (70,68 %), el cual apenas alcanzó el estrato de 10-20 cm, con el 29,32 % restante, influyendo significativamente en el desarrollo foliar y por ende en el rendimiento. El AC, BR y AD presentaron una distribución más uniforme en el

perfil del suelo alcanzando el estrato de los 30-40 cm. El RD, a pesar de presentar una distribución parecida, no alcanzó el estrato mencionado. Esta mayor exploración del perfil del suelo, por parte de las raíces de las plantas, les permitió tener más disponibilidad de agua y de esta manera soportar el estrés hídrico, lo cual se tradujo en un mayor desarrollo foliar y por ende en un mayor rendimiento de grano. Resultados obtenidos por Arora et al. (1991) señalan que la baja retención de agua y resistencia mecánica al crecimiento de las raíces, causan estrés hídrico en los cultivos.

El mayor rendimiento se obtuvo con AD (1.360 kg/ha) y el menor con LM (500 kg/ha), lo cual se atribuye al patrón de distribución de raíces (70,68 %) en el estrato de 0-10 cm, a la profundidad radical (16 cm) y a la RMP del suelo, lo cual le impidió la exploración del perfil del mismo, originando plantas menos vigorosas, de menor desarrollo foliar, vainas pequeñas,

menor número de granos por vaina y vainas por plantas. Resultados obtenidos por Adeove y Mohamed-Saleem (1990); Kayombo et al. (1991) y Arora et al. (1991) indican que la compactación inducida por el tráfico disminuyó la tasa de infiltración del agua e incrementó la Da y RMP, limitando así la penetración radical del maíz y frijol.

Cuadro 4. Distribución de raíces, profundidad radical del frijol en las diferentes profundidades del perfil del suelo y rendimiento promedio de grano al 12% de humedad, para los diferentes tratamientos de labranza.

Tratamiento	Prof. (cm)	Distrib. de raíces (%)	Prof. Radical (cm) *	Rendimiento (kg/ha) *
AD	0-10	57,45	32 a	1.360 a
	10-20	32,66		
	20-30	7,86		
	30-40	2,03		
RD	0-10	52,83	28 b	1.044 b
	10-20	39,01		
	20-30	8,16		
	30-40	0,00		
LM	0-10	70,68	16 c	500 d
	10-20	29,32		
	20-30	0,00		
	0-10	62,07		
AC	10-20	29,17	31 ab	866 c
	20-30	8,25		
	30-40	0,51		
	0-10	61,94		
BR	10-20	29,60	31 ab	884 c
	20-30	7,81		
	30-40	0,65		

* Significativo ($P < 0,05$)

Los tratamientos con igual letra tienen comportamiento estadístico similar.

CONCLUSIONES

Los métodos de labranza utilizados afectaron la densidad aparente en los primeros 15 cm de profundidad, siendo menor en AD, RD, AC y BR; en cambio, la resistencia mecánica a la penetración fue menor en AD y BR. También se encontró que la labranza profunda permitió mayor penetración vertical y distribución de las raíces en el suelo, tanto de las plantas de maíz como de frijol.

En los cultivos de maíz y frijol también se vieron reflejados los efectos de los implementos de labranza, ya que los rendimientos de grano en ambos cultivos fueron mayores donde hubo mayor intensidad de mecanización.

Los métodos de labranza sobre el suelo tuvieron influencia en el crecimiento de las

plantas de maíz y frijol, lo cual afectó los rendimientos de grano del sistema de producción.

Para futuras investigaciones con el arado de cincel, se deberían contemplar dos pases cruzados y no solamente un pase longitudinal.

LITERATURA CITADA

1. Adeove, K. B. y M. A. Mohamed-Saleem. 1990. Comparison of effects of some tillage methods on soil physical properties and yield of maize in a degraded ferruginous tropical soil. *Soil Till. Res.* 18 (1): 63-72.
2. Arora, V. K., P. R. Gajri y S. S. Prihar. 1991. Tillage effects on corn in sandy soils in relation to water retentivity, nutrient and

- water management and seasonal evaporativity. *Soil Till. Res.* 21:1-21.
3. Bauder, J. W., G. W. Randalh y R. T. Schuler. 1985. Effect of tillage with controlled wheel traffic on soil properties and root growth of corn. *Journal of Soil and Water Conservation* 40(4): 382-385.
 4. Bohn, W. 1979. *Methods of Studying Root Systems* Springer - Verlag. Berlin Heidelberg. pp. 49-53.
 5. Bonciarelli, F., R. Archetti, G. Farina y A. Battistelli. 1986. Effects of tillage practices on some chemical and physical soil properties. *Revista de Agronomía* 20 (2/3): 172 - 177.
 6. Bravo, C. 1995. Producción de maíz y efecto de diferentes sistemas de labranza sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo en un Ultisol del estado Guárico. Taller sobre Prácticas de Labranza en los Sistemas de Producción con Maíz en los Llanos Occidentales. Araure. SVCS. Boletín Técnico Nº 46. P. 73-89.
 7. Busscher, W. J. y R. E. Soyka. 1990. Comparison of log transformed and scaled indices. *Soil Till. Res.* 15 (4): 329-336.
 8. Cabrera, E. y R. Delgado. 1996. Caracterización del sistema radical del maíz (*Zea mays* L.). Método de la trinchera - muestreo volumétrico del suelo. III Festival Nacional del Maíz y III Jornadas Científicas. Araure, Memorias. 94 p.
 9. Cabrera, S., H. Oropeza, A. Pérez y F. Morillo. 1990. Evaluación de prácticas de labranza en suelos representativos del estado Portuguesa. XIV Reunión de Maiceros de la Zona Andina y I Reunión Suramericana de Maiceros. Maracay, FONAIAP-CIMMYT. p 66.
 10. Carter, M. R. 1991. Evaluation of shallow tillage for spring cereals on a fine sandy loam. Soils physical, chemical and biological properties. *Soil Till. Res.* 21:37-52.
 11. Chang, C. y C. W. Lindwall. 1992. Effects of tillage and crop rotation on physical properties of a loam soil. *Soil Till. Res.* 22: 383-389.
 12. Coote, D. R. y C. A. Malcolm-McGovern. 1989. Effects of conventional and no till on corn growth in rotation on three soils in eastern Ontario. *Soil Till. Res.* 14(1): 67-84.
 13. Dowdy, R. H., A. M. Bidwell, D. R. Linden y R. R. Almaras. 1988. Corn root distributions as a function of tillage and residue management. International Tillage Research Organization (ISTRO). 11 th International Conference on Tillage and Traffic in Crop Production. Edinburg, Scotland.
 14. El - Gayar, A. A., K. M. El - Awady, A. A. El - Razer y A. A. Wahdan. 1986. The effect of different type of ploughs on some physical properties of clay soil under growth of maize plants. I. Bulk density and total porosity. *Annals of Agriculture Science* 24(4): 2287-2302.
 15. Florentino, A. 1989. Efecto de la compactación sobre las relaciones hídricas en suelos representativos de La Colonia Agrícola de Turén. Su influencia agronómica. Tesis. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay.
 16. FONAIAP. 1988. El cultivo del frijol. Serie Paquetes Tecnológicos Nº 5. Maracay. 81 p.
 17. Gil, L. R. y A. Albornoz. 1995. Evaluación de propiedades físicas del suelo en sistemas de labranza mínima en suelos arenosos del Oriente de Venezuela. Memoria Reunión Bienal de la Red Latinoamericana de Labranza Conservacionista. Series especiales. Nº 32. 386 p.
 18. Granados, F. 1988. Informe descripción perfil de suelo localidad La Trinidad Corozal 1- Ospino: FONAIAP-CENIAP-IIAG. Departamento de suelo. Maracay. 4 p.

19. Hill, R. L. 1990a. Long-term conventional and no tillage effects on selected soil physical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54(1): 161-166.
20. Hill, R. L. 1990b. Long-term wheel traffic effects on soil physical properties under different tillage system. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54(3): 865-870.
21. Hinigüez-Espitia, S. y K. Laskam-Reddiar. 1987. Evaluación de la asociación maíz (*Zea mays* L.) frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo tres sistemas de labranza. Departamento de Fitotecnia: Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. *Revista Chapingo* 12: 58-62.
22. Kayombo, B., G. Lal, Urema y H. E. Jensen. 1991. Characterizing compaction effects on soil properties and crop growth in southern Nigeria. *Soil Till. Res.* 21(3-4): 325-345.
23. Lal, R. 1983. No till farming. *Soil and Water Conservation and Management in the Humid and Subhumid Tropics*. Monografía N° 2. International Institute of Tropical Agriculture. Ibadan. Nigeria.
24. Linden, D. R. y D. M. Van Doren Jr. 1986. Parameters for characterizing tillage. Induced soil surface roughness. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50(6): 201-238.
25. Lozano, Z. 1995. Diagnóstico de limitaciones físicas de suelos bajo cultivo de maíz en los Llanos Occidentales. Taller sobre Prácticas de Labranza en los Sistemas de producción con Maíz en los Llanos Occidentales. Araure. SVCS. Boletín Técnico N° 46. pp. 65-72.
26. Lugo, J. 1989. Efectos de la labranza sobre algunas propiedades físicas de los suelos y su incidencia en el comportamiento del cultivo del maíz. Tesis. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. 142 p.
27. Marcano, F. 1978. Evaluación de diferentes prácticas de mecanización y sus efectos sobre algunas propiedades físicas en suelos pesados. Tesis. CIDIAT. Mérida. 113 p.
28. Marcano, F. y C. Ohep. 1997. Respuesta del cultivo de maíz a tres prácticas de labranza, dos fuentes nitrogenadas y tres formas de aplicación del nitrógeno. *Agron. Trop.* 47 (1): 61 – 85.
29. Marcano F., C. Narváez y H. Agreda. 1993a. Efecto de diferentes prácticas de labranza sobre el suelo y el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Bioagro* 5(1-4): 29-36.
30. Marcano, F., C. Ohep y D. Francisco. 1993b. Efecto de la labranza sobre algunas variables físicas en un suelo oxic floplustalf del Yaracuy Medio bajo cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Venesuelos* 1(1): 2-8.
31. Marcano, F., C. Ohep y D. Francisco. 1994. Efecto de la labranza y el nitrógeno en algunos componentes del rendimiento, macroporosidad del suelo, densidad radical y producción de maíz (*Zea mays* L.). *Agron. Trop.* 44(1): 5-22.
32. Nacci, S. e I. Pla Sentis. 1991. Técnica y equipos desarrollados en el país para evaluar propiedades físicas de los suelos. FONAIAP. Serie B, N° 17. Maracay. 40 p.
33. Ohep, C., F. Marcano y L. Rangel. 1996. Labranza, características físicas del suelo, crecimiento y producción del maíz (*Zea mays* L.) en el Yaracuy Medio. III Festival Nacional del Maíz y III Jornadas Científicas. Araure. Memorias. 94 p.
34. Ojeniyi, S. O. 1990: Effect of bush cleaning and tillage methods on soil physical and chemical properties of humid tropical alfisols. *Soil Till. Res.* 15(3): 269-277.
35. Onwualu, A. P. y U. G. N. Anazodo. 1989. Soil compactation effects on maize production under various tillage methods in a derived savannah zone of Nigeria. *Soil Till. Res.* 14(2): 99-114.
36. Pla Sentis, I. 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Alcance - Revista de la Facultad

- de Agronomía, U. C. V. Maracay--Venezuela. Nº 32. 90 p.
37. Pla Sentis, I. 1995. Labranza y propiedades físicas de los suelos. Reunión bienal de la red Latinoamericana de Labranza Conservacionista: FONAIAP – FAO – UNELLEZ – Series especiales Nº 32. 386 p.
38. Randall, G. W. y J. B. Swan. 1987. Conservation tillage for corn and soybean production. University of Minnesota. Southern Experiment Station Waseca, Minnesota. Research Report. pp. 274-278.
39. Randall, G. W., W. Anderson y R. R. Allmaras. 1987. Tillage system for corn and soybean crop sequences. University of Minnesota. Southern Experiment Station Waseca, Minnesota. Research Report. pp. 279-281.
40. Sharma, R. B. y J. D. Mbogoni. 1988. Residual effect of soybean. International Soil Tillage Research (ISTRO): 11th. International conference on Tillage and Traffic in Crop Production. Edimburg. Scotland.
41. Silva, P. y I. Gil. 1996. Efectos de los sistemas de la labranza sobre algunas propiedades físico – mecánicas del suelo y biológicas del maíz (*Zea mays* L.) en Turén estado Portuguesa. III Festival Nacional del Maíz y III Jornadas Científicas. Araure. Memorias. 94 p.
42. Taylor, H. M. y G. S. Brack. 1991. Effect soil compaction on root development. Soil Till. Res. 19:111-119.
43. Unger, P. W. y D. K. Cassel. 1991. Tillage implements disturbance effects on soil properties related to soil and water conservation: A literature review. Soil Till. Res. 19 (4): 363-382.