

EFFECTO DE LA LABRANZA SOBRE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO Y LA PRODUCCIÓN DEL MAÍZ EN EL YARACUY MEDIO*

Carlos Ohep **, Felipe Marcano ** y Laureano Rangel ***

RESUMEN

En un suelo de la serie Uribeque, ubicado en la Est. Exp. Yaracuy, estado Yaracuy, se condujo el experimento con el objetivo de determinar el efecto que producían diferentes tratamientos de labranza: no labranza (L1); subsolador, sin pase de rastra (L2); arado de disco más rastra (L3); y rastra solamente (L4), sobre algunas características físicas del suelo (densidad aparente y porosidad), y en el desarrollo y producción del cultivo de maíz (peso seco de la planta, densidad radical y rendimiento). Los mejores resultados se lograron con el tratamiento L2, seguido de L1 y L3, los cuales mostraron cambios benéficos en las condiciones físicas del suelo así como en las respuestas del cultivo. Con el tratamiento L4 se presentaron los resultados menos favorables en las diferentes variables evaluadas, debido al deterioro que causó en las características físicas del suelo, lo cual incidió negativamente en el desarrollo y producción del cultivo.

Palabras claves: Labranza, suelo, maíz.

SUMMARY

Effect of tillage on soil physical characteristics and corn yield

On a soil of Uribeque series, located in the Est. Exp. Yaracuy, Yaracuy state, an experimental test was conducted with the objective of determining the effect produced by different tillage treatments: no tillage (L1); chisel plow and no harrow (L2); disk plow plus harrow (L3); and only harrowing (L4) on some physical characteristics of the soil (bulk density and porosity), and in the development and yield of the field corn (dry weight, root density and yield). The best result was achieved with the treatment L2, followed by L1 and L3, which showed beneficial changes in the soil physical condition and adequate response of the crop. The treatment L4 introduced the worst result in the evaluated variables due to deterioration of the physical characteristics of the soil, which affected negatively the development and yield of the crop.

Key word: Tillage, soil, field corn.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han reportado numerosos trabajos de investigación que señalan que el uso inadecuado de la labranza está deteriorando las condiciones del suelo y limitando la producción de la mayoría de los cultivos (Hughes, 1980). Así mismo, se han reportado

resultados positivos en relación al crecimiento radical, desarrollo del cultivo y rendimientos del maíz, cuando se realizan prácticas de labranza vertical, profunda o conservacionista (FAO, 1992; Ohep y Marcano, 1990).

Las propiedades afectadas por las prácticas de labranza incluyen características físicas relacionadas con la conductividad del suelo al

* Trabajo financiado por el C.D.C.H.T., UCLA.

** Profesor. Departamento de Suelos, Decanato de Agronomía, UCLA.

*** Profesor. Departamento de Ingeniería Agrícola, Decanato de Agronomía, UCLA. Apartado 400, Barquisimeto, Venezuela.

agua, aire y calor, con la penetrabilidad de las raíces, capacidad de almacenamiento de agua, la erosionabilidad y con la estabilidad estructural del suelo. Estos efectos que no son permanentes (Adeoye, 1982), se logran alterando, mediante la labranza, la estructura del suelo y en especial la distribución del tamaño de agregados y su estabilidad, que afectan el tamaño y distribución de poros, los cuales influyen sobre el crecimiento y desarrollo de las raíces y sobre el rendimiento de los cultivos (Pla, 1993).

En el estado Yaracuy, se explotan al año aproximadamente 48.000 hectáreas con maíz sobre extensos abanicos que tienen pendientes moderadas.

Estos suelos presentan riesgos de erosión debido a la baja estabilidad estructural de los agregados del horizonte superficial.

Las lluvias de corta duración y de alta intensidad, se corresponden con las épocas de preparación, siembra y primeras etapas de desarrollo del cultivo, cuando el suelo presenta poca protección contra el impacto de la gota de lluvia y al escurrimiento superficial, lo cual aunado al laboreo excesivo con labranza secundaria (rastra), constituyen factores que favorecen el proceso de erosión hídrica de la zona. También esta excesiva labranza del suelo en profundidad genera problema de compactación con incremento de la densidad aparente, reducción de la fracción de volumen de macroporos, disminución en las propiedades hidráulicas y en la profundidad efectiva del suelo a ser explorado por las raíces del cultivo de maíz.

Es importante señalar que las precipitaciones presentan una alta variabilidad anual, lo que dificulta programar con precisión la fecha de preparación y siembra para el cultivo. En muchos casos se ha presentado un periodo seco en mayo y principios de junio que ha ocasionado la pérdida de la siembra y ha obligado a los productores a sembrar nuevamente a finales del mes de junio o principios de julio. Esto trae riesgos en la producción, ya que se puede presentar estrés hídrico en el momento de llenado del grano, lo que repercutiría negativamente en el rendimiento del cultivo (Brito et al., 1987).

Esto indica la necesidad de estudiar los efectos de las diferentes alternativas de labranza que

puedan utilizarse en esta zona, así como los cambios que ocasionan en el suelo y sus incidencias en el cultivo del maíz, de manera de seleccionar las prácticas más adecuadas en función del mantenimiento de la productividad del suelo y con miras a un acercamiento hacia la agricultura sustentable.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante el año 1992, en el ciclo de lluvias (mayo-septiembre) en la estación experimental Yaracuy, del FONAIAP, en el municipio Peña, del estado Yaracuy.

El clima de la zona de acuerdo a la clasificación de Holdrige se corresponde con un bosque seco tropical, con una precipitación media anual aproximada de 940 mm, la cual se manifiesta generalmente entre los meses de abril a noviembre. Durante los meses de mayo a septiembre se observan lluvias de alta intensidad pero de corta duración. La evaporación media anual es de aproximadamente 2.073 mm, con una temperatura media anual de 25°C. Los datos de precipitación y evaporación correspondientes al año 1992 se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Precipitación y evaporación mensual ocurrida en la estación experimental Yaracuy durante el año de 1992.

Meses del año	Precipitación (mm)	Evaporación (mm)
Enero	0	217,0
Febrero	0	222,4
Marzo	0	279,9
Abril	94,9	212,4
Mayo	137,1	158,1
Junio	205,3	119,1
Julio	227,2	118,3
Agosto	168,7	146,5
Septiembre	135,7	149,1
Octubre	22,7	162,5
Noviembre	82,1	160,0
Diciembre	8,3	171,0

El área experimental posee un suelo Oxic Haplustalf, franco fino, caolinitico, no ácido, isohipertérmico, perteneciente a la Serie Uribeque. Presenta textura franco arcillo arenosa, con

estructura blocosa subangular, de moderado desarrollo, con permeabilidad moderada, pendiente entre 3 y 4%, con ligeras limitaciones por topografía (Comerma y Ovalles, 1984).

En este trabajo, se utilizó un experimento de campo dispuesto en bloques al azar con cuatro repeticiones, con los siguientes tratamientos de labranza: no labranza (L1); un pase de subsolador sin pase de rastra (L2); un pase de arado de disco más cuatro pases de rastra (L3) y cuatro pases de rastra solamente (L4). Los implementos agrícolas utilizados en este ensayo penetraron a diferentes profundidades. Así, la rastra sólo roturó entre 7 a 10 cm desde la superficie del suelo; el arado de disco, aproximadamente entre 25 y 30 cm y el subsolador penetró aproximadamente 40 cm. Con el tratamiento de no labranza, no se alteró el suelo y sólo se realizó un angosto surco con el disco corrugado de la sembradora de labranza mínima para colocar la semilla.

Las parcelas experimentales tenían una superficie de 150 m², para una superficie total del ensayo de 2.400 m².

Las evaluaciones realizadas sobre las variables físicas del suelo fueron: densidad aparente y macroporosidad. Estas se efectuaron a las profundidades de: 0-10, 10-20, 20-30 y 30-40 cm, en tres épocas de muestreo (antes de la preparación, a los 45, y a los 90 días después de la siembra). La metodología utilizada fue la propuesta por Pla (1983).

La siembra del cultivo de maíz se llevó a cabo inmediatamente después de la preparación del suelo, el 06/06/92 utilizando el híbrido PB-8 a razón de 60.000 plantas por hectárea.

Al cultivo se les realizaron las siguientes evaluaciones: peso de materia seca de la parte aérea de la planta, densidad radical, y rendimiento en grano al 12% de humedad. La densidad radical fue determinada extrayendo una muestra inalterada de suelo con raíces, con muestreador tipo Uhland de 7,5 cm de diámetro, a las profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 y 30-40 cm, a los 70 días de la siembra. Esta fue medida en peso seco al aire de raíces por volumen de suelo.

Las variables físicas del suelo fueron analizadas estadísticamente como parcelas

divididas para cada profundidad por separado, con cuatro repeticiones, donde las parcelas principales fueron los tratamientos de labranza, y las subparcelas fueron las épocas de muestreo. Para cada variable se realizó el análisis de varianza y las pruebas de Duncan, mediante el programa estadístico SAS.

A las variables evaluadas en la planta se les realizó un análisis de varianza como bloques al azar con cuatro repeticiones, ya que fueron determinadas en una sola época (materia seca y raíces durante la floración y rendimiento, al final del ciclo del cultivo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Densidad aparente

El análisis de varianza de los resultados para densidad aparente mostró diferencia estadística altamente significativa ($P < 0,01$) para tratamientos de labranza y las interacciones fechas de muestreos x tratamientos de labranza.

En la Figura 1 se muestran los resultados correspondientes a las interacciones fecha de muestreo x tratamientos de labranza en las diferentes profundidades de muestreo. En la misma, se puede observar que a la profundidad de 0-10 cm todos los tratamientos donde se roturo el suelo redujeron la densidad aparente, lo cual se reflejó en F_2 , en cambio, con L_1 , la densidad aparente sufrió un ligero incremento. En F_3 a la misma profundidad, en aquel caso donde el "exponjamiento" fue mayor debido a la roturación (caso L_3), el suelo sufrió un mayor incremento de la densidad aparente, lo cual puede deberse a su consolidación producto de los condiciones climáticas y de su baja estabilidad estructural.

A la profundidad de 10-20 cm, se observaron los mejores resultados para F_2 con los tratamientos L_2 y L_3 , donde se utilizó cincel y arado de disco, respectivamente, aunque estos efectos no fueron perdurables como se indica en F_3 . Al igual que la profundidad anterior el tratamientos L_1 mostró una ligera compactación, producto posiblemente a la consolidación causada por el tránsito durante la realización de

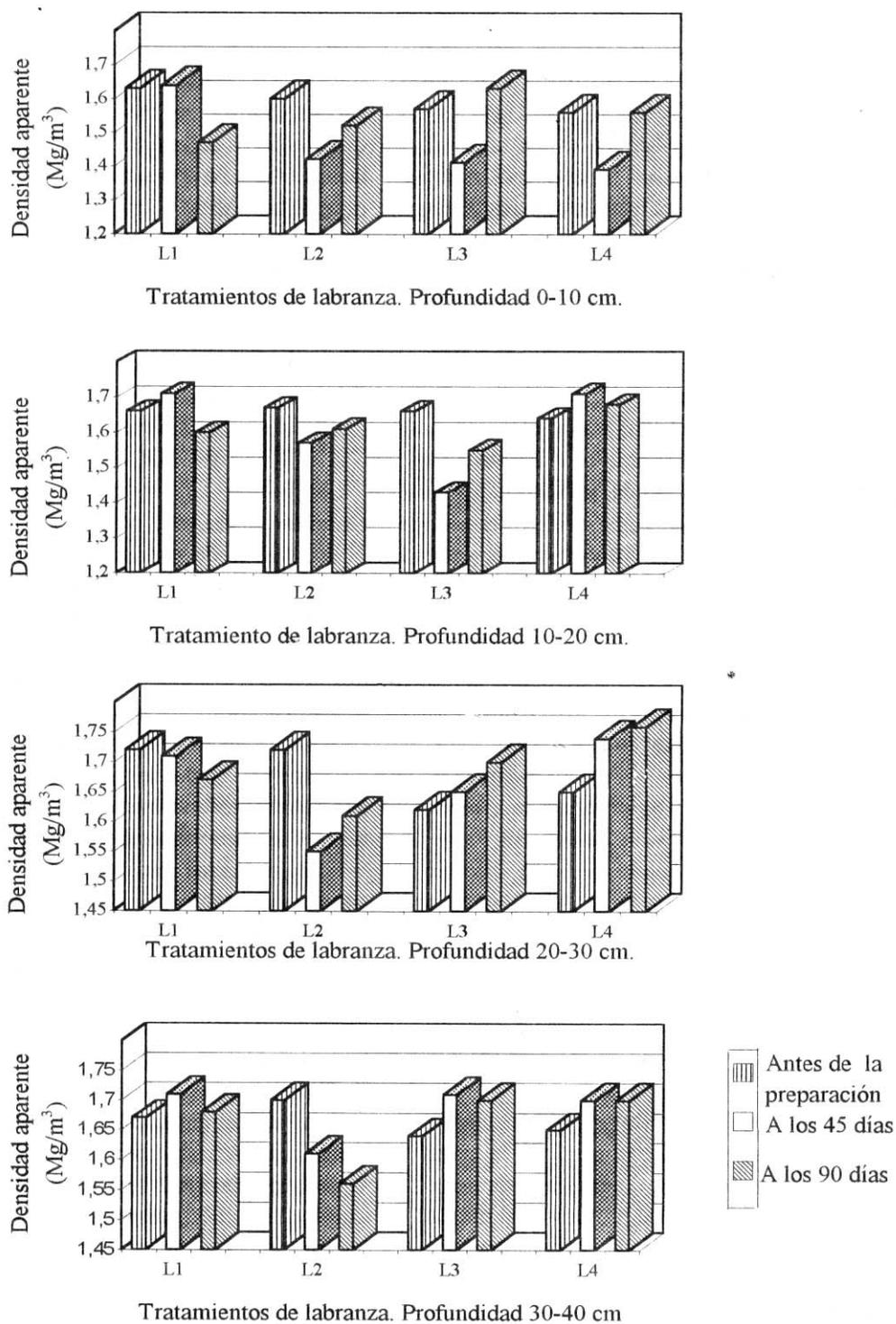


Figura 1. Variación de la densidad aparente por los tratamientos de labranza en las diferentes fechas de muestreo, a las profundidades de 0 - 10 , 10 - 20 , 20 - 30 y 30 - 40 cm. L1: no labranza, L2: un pase de subsolador sin pase de rastra, L3: un pase de arado de disco más cuatro pases de rastra y L4: cuatro pases de rastra solamente.

labores culturales o a la acción del clima, aunado a la débiles condiciones estructurales del suelo. Con L_4 , se observa una ligera compactación producto del efecto de la rastra, la cual penetró sólo en superficie, para compactar a mayores profundidades. Similares resultados fueron reportados por Marcano (1978) y Ohep y Marcano (1990) quienes encontraron mejoras de la densidad aparente con cincel y arado de disco y efectos adversos con el uso de la rastra, a esta profundidad. Para F_3 , se produjo un ligero asentamiento del suelo donde se aplicaron los tratamientos L_2 y L_3 . Sin embargo, donde se aplicó L_1 se notó una mejora en el tiempo debido posiblemente a un incremento en la actividad biológica y a la presencia de una mayor masa radical en esta profundidad, con el uso de este tratamiento.

Con respecto a la profundidad de 20 - 30 cm, se encontraron pocos efectos con el tratamiento L_1 ; pero sí hubo una importante reducción de la densidad aparente con el uso de L_2 ; sin embargo, este efecto no fue permanente. Con L_3 se presentó una ligera compactación que se incrementó con el tiempo; por lo contrario, los efectos de compactación con L_4 fueron pronunciados (piso de labranza) e igualmente, se incrementaron en el tiempo. Estos resultados indican los beneficios de la labranza vertical a profundidades mayores a los 20 cm y con presencia de un horizonte argílico (Unger, 1979), así como el efecto detrimental que se causa cuando se usa laboreo secundario solamente (rastras) donde se puede formar un piso de labranza que afecta el movimiento de agua, aire y la penetración radical (Pla, 1993).

Para la profundidad de 30-40 cm, a pesar de no existir diferencias; no obstante, la Figura 1 muestra el efecto positivo del uso de L_2 sobre esta característica del suelo.

Macroporosidad

Con respecto a los resultados del análisis de varianza para poros de radio equivalente $>15 \mu\text{m}$ (macroporos) se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos de labranza, fechas de muestreo y entre la interacción fecha de muestreo x tratamiento de labranza a las

profundidades de 0-10, 10-20 y 20 -30 cm. Los resultados muestran una estrecha correspondencia con los de densidad aparente, manifestándose un incremento de la capacidad de aire donde se presentó una disminución de la densidad aparente, así como una reducción en la primera donde se reportó compactación. Esto, debido a las mismas causas señaladas anteriormente.

En la Figura 2 se observan los resultados para la fracción de poros $> 15 \mu\text{m}$ de radio, donde se puede notar a la profundidad de 0-10 cm, al igual que en el caso anterior y que en los tratamientos donde se roturo el suelo, incrementaron los valores en esta variable; sin embargo, este efecto no fue permanente. Con L_1 se observó una ligera reducción (compactación) debido posiblemente a las mismas razones expuestas anteriormente. Para la profundidad de 10-20 cm, al igual que con densidad aparente, se presentan los mayores resultados con el uso de cincel y arado de disco, efectos que se pierden en el tiempo. Con L_2 se manifiesta una ligera compactación que se incrementa en el tiempo. L_1 presentó una leve mejoría, lo cual se manifiesta más evidente en el tiempo, producto posiblemente de la actividad biológica y la mayor masa radical a esta profundidad. A mayores profundidades se reportan los mejores resultados con el cincel (L_2), ya que este implemento es el que penetró a mayor profundidad.

Densidad radical

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) para densidad de masa radical a las profundidades de 10 - 20, 20 - 30 y 30 - 40 cm para los diferentes tratamientos de labranza.

En la profundidad de 0-10 cm, a pesar de no existir diferencias se observa una mayor densidad de masa radical en L_4 , lo cual puede deberse a la limitación de la compactación detectada con el incremento de la densidad aparente y la reducción de los macroporos en los estratos inferiores ya señalados.

Los resultados de la densidad de masa radical aplicando la prueba de Duncan se muestran en el Cuadro 2.

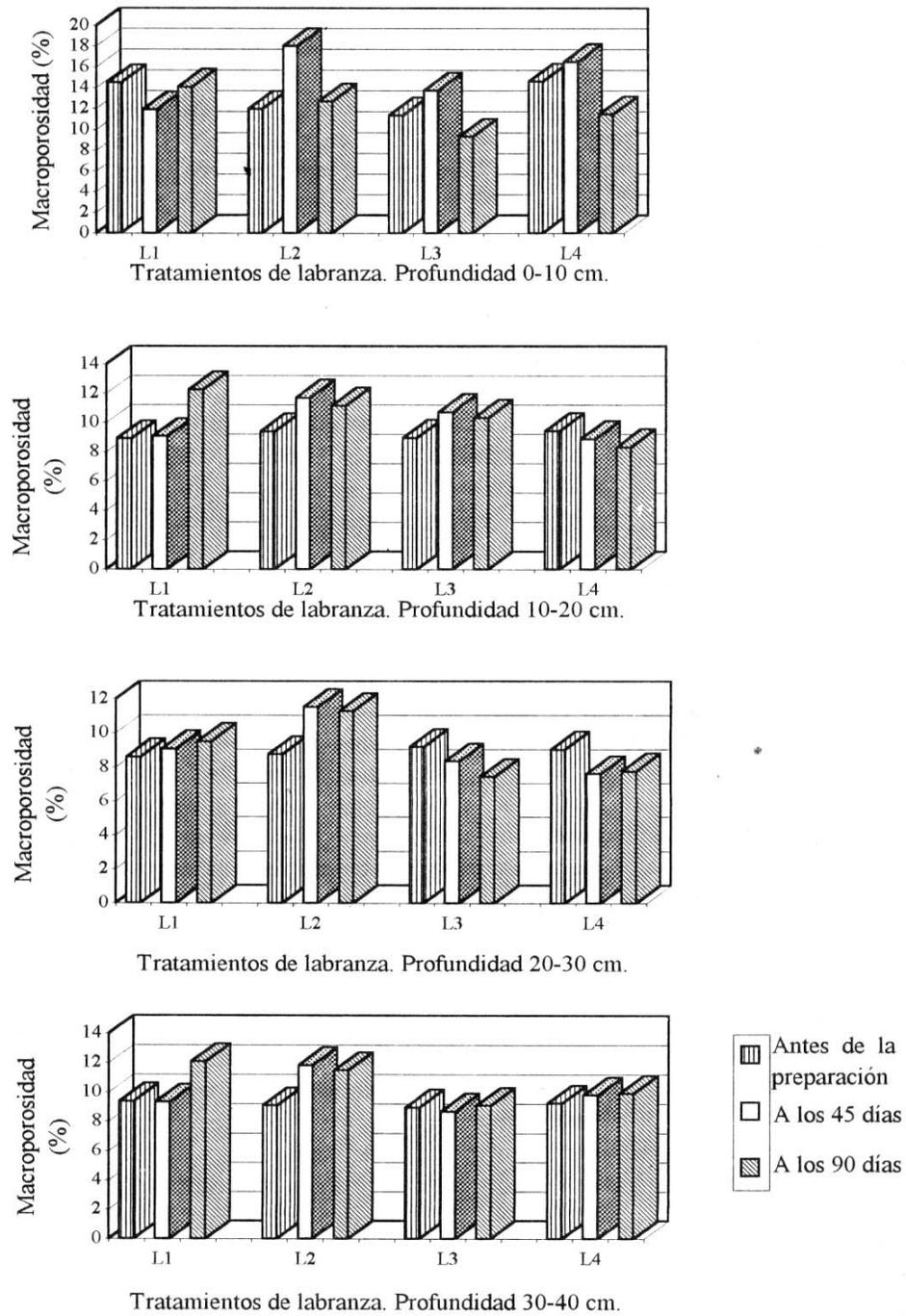


Figura 2. Variación de los poros > 15µm de radio equivalente, para los tratamientos de labranza en las diferentes profundidades y fechas de muestreo. L1: no labranza, L2: un pase de subsolador sin pase de rastra, L3: un pase de arado de disco más cuatro pases de rastra y L4: cuatro pases de rastra solamente.

Cuadro 2. Densidad radical ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) para los distintos tratamientos de labranza, a las profundidades de 10-20, 20-30 y 30-40 cm.

Tratamientos de labranza	Densidad radical ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) Profundidad de muestreo (cm)			
	0-10	10-20 **	20-30 **	30-40 **
L1	187,6	189,5 a	130,6 a	76,2 a
L2	187,9	196,1 a	132,5 a	86,2 a
L3	195,8	199,7 a	127,1 a	70,1 a
L4	203,0	138,2 b	71,4 b	47,5 b
		CV = 6,24%	CV = 8,36%	CV = 8,77%

** Diferencias estadísticamente significativas a $P < 0,01$

Los promedios con una misma letra no difieren estadísticamente entre sí para cada profundidad, según la prueba de Duncan.

Para todas las profundidades de muestreo, la densidad radical estuvo fuertemente influenciada por las condiciones físicas del suelo. Así se tiene que los valores más altos a profundidades mayores a los 10 cm se lograron con el tratamiento L2, el cual correspondió a la labranza vertical que roturó el suelo hasta 40 cm de profundidad, logrando mejoras importantes en las condiciones físicas del suelo. Con no labranza, también se obtuvieron valores altos en densidad radical en profundidades superiores a los 20 cm.

Similares resultados con el uso de no labranza fueron reportados por Hilfiker y Lowery (1988) y Crovetto (1985), quienes encontraron que con este sistema se incrementa el contenido de humedad, lo que facilita la penetración radical, ya que el suelo ofrece menos resistencia. En este sentido, Ide et al (1987) y Marcano (1978), señalan los beneficios de la labranza profunda, con cincel, arado de disco y subsolador, cuando se mejoran las condiciones físicas en profundidad para el desarrollo radical. Así mismo, Kayombo y Lal (1986), manifestaron que la compactación tanto en superficie como en profundidad limita el crecimiento de las raíces de maíz.

Peso seco de la parte aérea de la planta

El análisis de varianza para el peso de la parte aérea de la planta no dio diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, los valores promedios para los tratamientos de labranza indican que con el tratamiento L2 se logró el valor más alto con 169,58 g/planta, seguido en orden decreciente por

L1, L3 y L4, con 162,98, 155,00 y 129,80 g/planta, respectivamente, lo cual se corresponde con los resultados encontrados para las condiciones físicas del suelo y la mayor densidad radical a las profundidades de 20-30 y 30-40 cm (Figura 3).

Rendimiento en grano del cultivo

El análisis de varianza para rendimiento de grano seco mostró diferencias significativas ($P < 0,05$) para tratamientos de labranza. La prueba de Duncan facilitó la formación de dos grupos diferentes; uno formado por las medias de los tratamientos L1, L2 y L3, con los mayores rendimientos del cultivo: 4.316,2, 4.791,5 y 4.240,7 kg/ha, respectivamente, y el otro conformado por el tratamiento L4, con el menor valor (3.350,9 kg/ha). Estos valores promedios pueden observarse en la Figura 4. Los resultados mostraron la misma tendencia con algunas variables físicas, y su comportamiento fue similar al peso seco de la parte aérea y la densidad de la masa radical. Similares resultados fueron reportados por Claudhary et al (1985) y Bennie y Botha (1986), donde señalan la importancia de la labranza profunda para mejorar las condiciones físicas, contenido de humedad y suplencia de oxígeno del suelo, para el incremento de la producción de granos del cultivo de maíz. Igualmente, los altos rendimientos encontrados en L1 podría deberse a la mayor disponibilidad de humedad en el estrato superficial producto de los residuos dejados en la superficie.

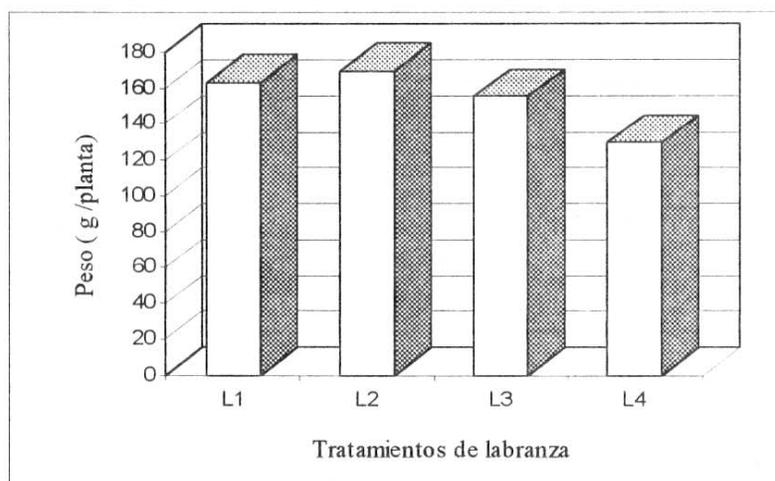


Figura 3. Efecto de los tratamientos de labranza sobre el peso seco de la parte aérea de la planta de maíz.

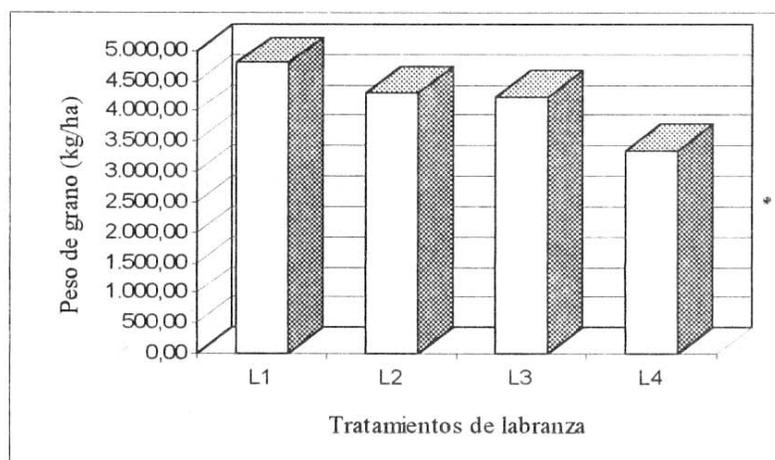


Figura 4. Efecto de los tratamientos de labranza sobre el rendimiento en grano del cultivo de maíz.

CONCLUSIONES

Los métodos de labranza causaron cambios en las propiedades físicas del suelo, las cuales no fueron permanentes, ya que en algunos casos cambiaron con el tiempo a valores similares a los encontrados antes de la preparación, y en otros, mostraron un mayor deterioro, sobre todo cuando se usaron implementos que roturan el suelo a poca profundidad.

Al preparar el suelo con subsolador, se logró roturar en profundidad, obteniendo buenos resultados en las condiciones físicas del suelo, las cuales se afectaron parcialmente. Con el empleo

del arado de disco más rastra, se mejoró el suelo hasta aproximadamente 20 cm de profundidad; sin embargo, este efecto no fue perdurable. Además, produjo compactación en los estratos inferiores al labrado. Cuando se preparó el suelo con rastra solamente, se mejoró sólo el estrato superficial (10 cm, aproximadamente), pero este resultado se perdió en el tiempo. Igual al caso anterior, compactó el estrato inferior.

La densidad radical presentó valores muy similares en el estrato superficial, aunque se obtuvo un ligero incremento en esta variable con la labranza donde se usó la rastra. A mayores profundidades se obtuvo una importante

correspondencia con el estado de las condiciones físicas, y la densidad radical. De manera que valores críticos en los primeros, limitaron la densidad radical del cultivo.

LITERATURA CITADA

1. Adeoye, K. B. 1982. Effect of tillage depth on physical properties of a tropical soil and on yield of maíz, sorghum y cotton. *Soil Tillage Research* 2:225-231.
2. Bennie, A. T. y F. J. Botha. 1986. Effect of deep tillage and controlled traffic on root growth, water use efficiency and yield of irrigated maize and wheat. *Soil Tillage Research* 7:85-95.
3. Brito, P., J. de Brito y E. Garcia. 1987. Caracterización agroclimática de las áreas rurales de desarrollo integrado de la región Centro-Occidental (Yaracuy Medio, Tocuyo Bajo y Medio, Yacambú y Quíbor-Carora). CENIAP. Serie C., N° 13-02.
4. Claudhary, M. R., P. R. Gary, S. S. Prihar y R. Khera. 1985. Effect of deep tillage on soil physical properties and maize yields on coarse textural soils. *Soil tillage Research*. 6: 31-44.
5. Comerma, J. y F. Ovalles. 1984. Informe mimeografiado, material de la cátedra "Conservación de Suelos y Aguas". Posgrado de Ciencias del Suelo, Facultad de Agronomía, UCV.
6. Crovetto, C. 1985. Non Tillage. An extraordinary option for cereal crops in severely eroded soils. IV International Conference on Soil Conservation. Maracay, Venezuela. pp. 461-472.
7. FAO. 1992. Manual de labranza para América Latina. Boletín de Suelos de la FAO 66, FAO, Roma. 192 p.
8. Hilfilker, R. y B. Lowery. 1988. Effect of conservation tillage systems on corn root growth. *Soil Tillage Research* 12: 269 - 283.
9. Hughes, H. A. 1980. Conservation farming. John Deere and Company. Moline, Illinois, USA. 150 p.
10. Ide, G., G. Hofman, C. Ossemerct y M. Van Ruymbeke. 1987. Subsoiling: Time dependency of its beneficial effects. *Soil Tillage Research* 10: 213 - 223.
11. Kayombo, Bl. y R. Lal. 1986. Effects of soil compaction by rolling on soil structure and development of maize in no-till and disc ploughing systems on tropical Alfisol. *Soil Tillage Research* 7:117 - 134.
12. Marcano, F. 1978. Evaluación de diferentes prácticas de mecanización y sus efectos sobre algunas propiedades físicas en suelos pesados. Tesis de Maestría. CIDIAT, Mérida, Venezuela. 113 p.
13. Ohep, C. y F. Marcano. 1990. Efecto de la labranza tradicional y conservacionista sobre algunas propiedades físicas del suelo y su incidencia sobre el desarrollo de la planta de maíz, en el Yaracuy Medio. III Congreso Venezolano de Ingeniería Agrícola. Avia-Unellez, San Carlos, Venezuela.
14. Pla Sentis, I. 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. *Revista de la Facultad de Agronomía, UCV, Maracay. Alcance* 32. 91 p.
15. Pla Sentis, I. 1993. Degradación y conservación de suelos conceptos básicos. Efecto de los sistemas de labranza en la degradación y productividad de los suelos. 2ª Reunión Bianual, Relaco. Acarigua-Guanare, Venezuela.
16. Unger P. W. 1979. Effect of deep tillage and profile modification on soil properties, root growth, and crop yields in the United States and Canada. *Geoderma* 22:275 - 295.