

Efecto del laboreo sobre algunas propiedades físicas del suelo y su incidencia sobre el comportamiento del pimentón (*Capsicum annum* L.)

Carlos Ohep*, Felipe Marcano**, Eybar Rojas**, Roberto López***

Resumen

En la Estación Experimental de la UCLA, en El Tocuyo, Edo. Lara, Venezuela, a 09° 48" de latitud norte y 69° 48" de longitud oeste, a 630 m.s.n.m., en un suelo Ustollic Camborthids, arcillosos fino, se condujo un experimento de campo con la finalidad de evaluar el efecto de la preparación de tierras con diferentes implementos de labranza, sobre algunas propiedades físicas del suelo y sobre el desarrollo y producción del cultivo de pimentón.

Para la instalación del experimento en el campo se utilizó un diseño estadístico de bloques al azar con cuatro repeticiones, con los siguientes tratamientos: Subsolador más rastra, arado de disco más rastra, rastra solamente, y rotocultor. Las evaluaciones realizadas fueron: densidad aparente, macroporosidad, contenido de humedad, materia seca de la parte aérea de la planta, peso seco de raíces y peso seco de frutos. El análisis de varianza como parcela dividida en el tiempo, señaló diferencias significativas para el efecto de laboreo y tiempo de evaluación, en la mayoría de las variables estudiadas. El tratamiento subsolador más rastra dió los mejores resultados, tanto en el suelo como en el cultivo.

Abstract

This research was carried out at the Experimental Station of the UCLA, located in the town of El Tocuyo, Lara State, Venezuela; to evaluate the effect of land preparation with different implements on soil physical characteristics and the development and yield of pepper. A completely randomized block with four treatments, was used. Treatments were as follows: subsoiler + disc harrow, disc plow + disc harrow, disc harrow and rotavator hoe. The evaluations were: bulk density, macroporosity, soil water content, dry weight of plant and fruits. The analysis of variance showed differences for tillage effect and evaluation time, in most variables studied. The best treatment was subsoiler + disc harrow in both, soil and crop.

Introducción

La producción de hortalizas en Venezuela se ha venido incrementando en los últimos años, especialmente en el Estado Lara, que presenta un gran potencial agrícola, ya que se prevee la incorporación de 22.000 hectáreas bajo riego con el sistema Quibor-Yacambú (FUDECO, 1973).

En la producción de estos renglones existen una serie de factores que influyen en

los rendimientos de los cultivos, entre los cuales podría señalarse la preparación de tierras que ha sido considerada por muchos investigadores como determinante en los cambios de algunas propiedades de los suelos que tienen que ver con el desarrollo y producción de los cultivos (Hughes, 1980; Porterfield, 1984). Esta práctica utilizada de manera adecuada proporciona una serie de beneficios en los estratos afectados por el laboreo. Es así que a través de la labranza se consigue un acondicionamiento del medio edáfico que permite un buen contacto semilla-suelo o un mayor porcentaje de plantas "prendidas" en el caso de transplantes. Propiedades físicas de los suelos tales como

* Profesor Agregado. Escuela de Agronomía. UCLA.

**Profesor Asociado. Escuela de Agronomía. UCLA.

***Profesor. CIDIAT. Mérida.

macroporosidad, agregación e infiltración, pueden ser modificadas mediante el laboreo, con el fin de tratar de lograr mejores condiciones que permitan aumentar el intercambio gaseoso, captación de humedad, desarrollo radical y producción de los cultivos. Debido a las razones antes mencionadas, se llevó a cabo este trabajo de investigación, con la finalidad de evaluar el efecto de diferentes implementos agrícolas de labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo, y sobre el crecimiento y producción del pimentón.

Revisión de literatura

El efecto de la preparación de tierras sobre las propiedades de los suelos puede ser benéfico o perjudicial dependiendo de factores tales como el tipo de implemento utilizado, de la intensidad con que éste se use, de las condiciones en que se encuentre el suelo cuando se lleva a cabo dicha labor, así como también de las prácticas culturales que se realicen. Sobre este particular, Soane y Piggeon (1975), reportaron que las operaciones de mecanización pueden tener un efecto sobre la resistencia a la penetración radical, la aireación y la temperatura del suelo. Señalan además, la necesidad del laboreo secundario para preparar la capa superior del suelo y permitir una buena aireación y crecimiento inicial de las plántulas. Uno de los efectos más comunes resultantes de la preparación inadecuada de las tierras es la formación del piso de labranza, el cual es una capa compacta que se puede encontrar en el fondo de la zona labrada. Este es causante de la reducción de la permeabilidad de los suelos al agua, y la restricción del crecimiento de las raíces de las plantas (Baver *et al*, 1973). Es de señalar que la compactación trae como consecuencias principales la reducción en la emergencia de las plántulas, aumento en el tiempo de irrigación, pérdida de agua y fertilización por escorrentía, reducción en la lixiviación de las sales, limitación a la penetración radical, reducción en el

almacenamiento de agua, distribución irregular en el suelo del agua de lluvia, reducción en los rendimientos del cultivo e incremento de los costos de producción (Pla, 1977). Doss *et al*, (1981) en un experimento de labranza y fertilización nitrogenada en tomate, observó que los mejores resultados se obtenían con el tratamiento completamente mecanizado en comparación a la no labranza; y encontró respuestas al nitrógeno (200 Kg/ha) en los años húmedos. Portas (1973), en investigaciones sobre lechuga, cebolla, coliflor y tomate, observó que los sistemas radicales fueron un reflejo de las propiedades físicas de los suelos. Así, al aumentar la densidad aparente del suelo, se restringió el desarrollo y penetración radical de los cultivos. Kamprath *et al*, (1979), utilizando tres tratamientos de mecanización en soya observaron que se incrementó la retención de humedad y la cantidad de raíces por debajo de los 30 cm, así como los rendimientos del cultivo, donde se utilizó subsolado y cincel. El contenido de humedad de los suelos es otro factor que afecta el crecimiento y desarrollo de la raíces en los cultivos. Este efecto puede ser indirecto, ya que el exceso de humedad puede producir deficiencia de oxígeno (Bennet y Doos, 1960).

Materiales y métodos

El experimento se realizó en terrenos de la estación Experimental del Instituto de la Uva de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", ubicada en El Tocuyo, Distrito Morán, Edo. Lara, Venezuela. El tipo de suelo fue clasificado como Ustollic Camborthids, arcilloso fino, mixto, no ácido, isohipertérmico. La variedad de pimentón sembrada fue la Yolo wonder en un diseño experimental de bloque al azar con cuatro repeticiones, en donde los tratamientos fueron: un pase de subsolador más tres pases de rastra (L1), un pase de arado de disco más tres pases de rastra (L2), tres pases de rastra solamente

(L3) y un pase de rotocultor (L4). El cultivo se sembró en seis hileras por cada parcela, espaciadas a 0,8 m entre hileras, 0,25 m entre plantas y 7,0 m de largo. Las labores culturales se realizaron según las recomendaciones de los técnicos de la zona (Díaz *et al.* 1982). Se practicaron análisis de las siguientes propiedades físicas del suelo: densidad aparente, macroporosidad, análisis de agregado en seco y contenido de humedad. Todas esas variables fueron evaluadas en el suelo a las profundidades de 0-10, 10-20 y 20-45 cm. Las pruebas se realizaron antes y después de la preparación, a la mitad y al final del ciclo del cultivo, y se evaluaron estadísticamente bajo el diseño de parcelas divididas (en el tiempo), siendo la parcela principal el tratamiento de mecanización y como sub-parcelas las fechas de muestreo, para cada profundidad. El contenido de humedad se analizó como parcelas sub-divididas, donde las parcelas principales fueron los tratamientos de mecanización, las sub-parcelas las posiciones de muestreo (surco y camellón) y las sub-sub-parcelas las fechas de evaluación.

En el cultivo se evaluó el peso seco de la parte aérea de la planta (cada 30 días), peso seco del fruto y peso seco de las raíces (al momento de la cosecha). Estos parámetros se analizaron como parcelas divididas en el tiempo, donde la parcela principal fue la labranza y la sub-parcela la fecha de muestreo, a excepción del peso seco de las raíces, en la cual la sub-parcela fue la profundidad del muestreo. Para la determinación del peso seco de los frutos y de las raíces se tomaron muestras de cuatro plantas por parcela de los hilos centrales, y se sometieron a 70° C hasta peso constante. La densidad aparente, macroporosidad y contenido de humedad se realizaron según la metodología propuesta por Pla (1977), para muestras no disturbadas.

Resultados y discusión

Las determinaciones de la densidad aparente antes de la preparación a las profundidades de 0-10, 10-20 y 20-45, fueron de 1,34; 1,47 y 1,45 g/cm³, respectivamente. El análisis de varianza para los resultados después de la preparación a la profundidad de 0-10 cm, no dió diferencias estadísticas significativas para los distintos tratamientos de mecanización y las interacciones, pero si dió diferencias al 1% para las fechas de evaluación. La prueba de rango múltiple de Duncan para las distintas fechas de evaluación permitió la formación de tres grupos estadísticamente diferentes. El primer grupo lo formó la evaluación realizada a los 32 días después del transplante, el segundo, la evaluación realizada a los 62 días; y el tercero, la realizada a los 92 días con valores promedios de 1,24; 1,36 y 1,43 g/cm³, respectivamente (Tabla 1).

En los resultados se observa una mejora en la densidad aparente a los 32 días después del transplante, la cual se va perdiendo con el tiempo, producto del asentamiento del suelo y la deposición de partículas finas que se trasladan con el agua de riego, que sellan poros y grietas y forman costras.

Para la profundidad de 10-20 cm el análisis de la varianza dió diferencias significativas al 1% para tratamientos de mecanización; pero ninguna para las fechas de evaluación e interacciones. La prueba de rango múltiple de Duncan permitió la formación de dos grupos con comportamientos estadísticos diferentes entre ellos. El primero lo formó L1 y L2 con valores de densidad aparente de 1,43 y 1,47 g/cm³, respectivamente; y el segundo grupo por L2, L3 y L4 con densidades aparentes de 1,47; 1,51 y 1,50 g/cm³, respectivamente (Tabla 2).

Con respecto a la profundidad de 20-45 cm, se obtuvieron resultados similares al anterior, pero la diferencia entre tratamientos de mecanización fue al 5%. Por medio de la prueba de Duncan se formaron dos grupos diferentes estadísticamente. El primero representado por

L1 y L4 con valores promedios de 1,42 y 1,45 g/cm, respectivamente; y el segundo por L2, L3 y L4, con densidad aparente de 1,46; 1,48 y 1,45 g/cm³, respectivamente.

Estos resultados señalan que los tratamientos que penetraron a mayor profundidad (L1 y L2) lograron un mejor efecto sobre la densidad aparente que aquellos cuya acción fue superficial (L3 y L4). Las mayores densidades encontradas a la profundidad de 10-20 cm podrían deberse a un problema de compactación, el cual posiblemente lo pudiera estar ocasionando la rastra. Este aumento de la densidad aparente puede limitar el desarrollo y penetración de las raíces de las plantas, como también afectar el contenido de aire y agua, y la temperatura del suelo (Soane y Pigeon, 1975).

Los valores de la macroporosidad del

suelo antes de la preparación fueron de 10,53; 8,66 y 8,92 para las profundidades de 0-10; 10-20 y 20-45 cm respectivamente, indicando valores bajos a estas profundidades.

A la profundidad de 0-10, el análisis de la varianza arrojó diferencias al 1% entre fechas de evaluación, pero no entre tratamientos de mecanización e interacciones. La prueba de Duncan facilitó la formación de tres grupos estadísticamente diferentes. El primero lo formó la evaluación realizada a los 32 días del transplante, con un valor promedio de 13,52%; el segundo, la evaluación a los 62 días, con 10,94% y el tercero, la evaluación a los 92 días del transplante con 9,5% en macroporosidad del suelo. Estos resultados señalan que los valores disminuyen en el tiempo, lo que corresponde con la variación observada en densidad aparente a esta profundidad (Tabla 1).

Tabla 1. Variación de la densidad aparente y macroporosidad y del suelo en las diferentes fechas de evaluación¹.

Fechas de evaluación (Días después del transplante)	Densidad aparente (g/cm ³)	Macroporosidad (%)
		Profundidad de muestreo (cm)
		0-10
32	1,24 a**	13,52 a**
62	1,36 b	10,94 b
92	1,43 c	9,52 c
Coeficiente de variación (CV)		3,70%
		8,44%

¹ Los distintos tratamientos de mecanización fueron promediados entre sí.

* Diferencias estadísticas al 5%

** Diferencias estadísticas al 1%

Los promedios con una misma letra no difieren estadísticamente entre si.

El análisis de varianza a la profundidad de 10-20 cm dió diferencias estadísticas al 5%

para tratamientos de mecanización. La prueba de Duncan permitió la formación de dos grupos

estadísticamente diferentes, uno integrado por L1, L2 y L4, con valores de 9,54; 9,26 y 7,88% en macroporosidad, y el otro por L3 y L4, con valores de 6,48 y 7,88%, respectivamente. Se observa que el tratamiento L3 causó un efecto de compactación, reduciendo la macroporosidad a esta profundidad (Tabla 2).

El análisis de varianza a la profundidad de 20-45 cm dió diferencias significativas al 5% para los tratamiento de mecanización. La prueba de Duncan permitió la formación de dos grupos estadísticamente diferentes, el primero constituido por L1 y L2 con valores promedios de 9,98 y 9,93, respectivamente; y el segundo por L2, L3 y L4 con valores promedios de 9,39, 8,72 y 9,03, respectivamente. Estos resultados se corresponden a los obtenidos en la densidad aparente.

El análisis de la varianza para los porcentajes de humedad a la profundidad 10-20 cm dió diferencias significativas al 5% para tratamientos de mecanización y al 1% para posición de muestreo. Aplicando la prueba de Duncan se obtuvo la formación de dos grupos para los promedios de tratamientos de mecanización. El primero formado por L1 y L2 con porcentajes de humedad de 21,09 y 19,89%, respectivamente; el segundo formado por L2, L3 y L4, con 19,89; 19,56 y 18,77%, respectivamente. Se observó que los mayores porcentajes de humedad se correspondían con los tratamientos que penetraron a mayor profundidad, disminuyeron la densidad aparente y aumentaron la macroporosidad (Tabla 2).

La misma prueba para posiciones de muestreo señaló diferencias al 1% entre las medias del porcentaje de humedad obtenido en el surco (20,31%) con respecto al obtenido en el camellón (19,35%).

Tabla 2. Efecto de los diferentes tratamientos de mecanización sobre la densidad aparente, macroporosidad y contenido de humedad en el suelo.

Tratamiento de mecanización	Densidad aparente (g/cm ³)		Macroporosidad (%)		Contenido de humedad (%)	
	10-20	20-45	10-20	20-45	10-20	20-45
L1	1,43 a**	1,42 a*	9,54 a*	9,98 a*	21,09 a*	21,22 a**
L2	1,47 ab	1,46 b	9,26 a	9,39 ab	19,89 ab	20,06 ab
L3	1,51 b	1,48 b	6,48 b	8,72 b	19,56 b	19,27 b
L4	1,50 b	1,45 ab	7,88 ab	9,03 b	18,77 b	18,54 b
CV	3,04%	2,42%	23,55%	9,48%	10,65%	8,31%

* Diferencias estadística al 5%

** Diferencias estadísticas al 1%

Los tratamientos con una misma letra no difieren estadísticamente entre si.

En lo referente a la profundidad de 20-45 cm, el análisis de la varianza de los datos mostró diferencias estadísticas significativas al 1% entre tratamientos de labranza, y al 5% entre posiciones de muestreo. La prueba de Duncan para tratamientos de labranza permitió la formación de dos grupos con comportamientos estadísticos diferentes. El primero formado por L1 y L2 con valores de 21,22 y 20,06%, respectivamente; el segundo formado por L2, L3 y L4 con valores de 20,06; 19,27 y 18,54%, en contenido de humedad, respectivamente. Al igual que en el caso anterior, se obtuvieron los mayores valores con los tratamientos L1 y L2.

En relación al peso de las raíces los resultados del análisis de la varianza señalaron diferencias significativas al 1% para los tratamientos de mecanización e igualmente para profundidades de muestreos. La prueba de Duncan permitió la formación de cuatro grupos diferentes estadísticamente. Los mayores resultados se obtuvieron con L1 de 31,31 g, seguido por L2., L4 y L3 con 27,17; 23,77 y 22,16 g, respectivamente (Tabla 3).

Las mismas pruebas para profundidad de muestreo formó cuatro grupos diferentes estadísticamente. Cada profundidad de muestreo formó un grupo diferente para peso seco de raíces. El primer grupo con los mayores valores lo ocupó la profundidad de 0-15 cm (16,81 g); luego las profundidades de 15-30; 30-45 y 45-60 con valores de 6,21; 2,25 y 0,84 g de peso seco de raíces, respectivamente. Los resultados señalaron que a medida que el suelo fue preparado a mayor profundidad, presentó mejores condiciones físicas y permitió que las raíces alcanzaran un mayor desarrollo.

En relación al peso seco de la parte aérea el análisis de la varianza arrojó diferencias al 1% entre tratamientos de mecanización y entre fechas de evaluación. La prueba de Duncan facilitó la formación de dos grupos estadísticamente diferentes. El primero

formado por L1 y L2 con 50,67 y 44,92 g, respectivamente; y el segundo por L2, L3 y L4 con 44,92; 40,30 y 42,25 g, respectivamente. Estos resultados se corresponden con los obtenidos en las determinaciones anteriores, donde L1 produjo las mejores condiciones de suelo y permitió un mayor peso seco de raíces (Tabla 3).

Con respecto a las fechas de evaluación, la prueba de Duncan permitió la formación de cuatro grupos estadísticamente diferentes. El primero formado por la media correspondiente a la evaluación realizada a los 32 días después del trasplante; el segundo a la realizada a los 64 días; el tercero, a los 94 días y el cuarto a los 124 días después del trasplante, con valores de peso seco de 3,14; 35,55; 79,52 y 59,90 g, respectivamente. Estos resultados señalan que la mayor producción de materia seca de la parte aérea de la planta, se presentó a los 94 días después del trasplante, la cual corresponde con el final de la fase de crecimiento y con la primera cosecha comercial del cultivo.

El análisis de la varianza para el peso seco promedio de frutos por planta, mostró diferencias significativas al 1% para tratamientos de mecanización y para las fechas de evaluación. La prueba de Duncan, facilitó la formación de tres grupos con comportamientos estadísticos diferentes. El primer grupo, formado por L1 con 27,50 g en peso seco promedio de fruto; el segundo por L2 con 23,22 g; y el tercero por L3 y L4 con 19,41 y 19,31 g, respectivamente. Estos resultados manifiestan que los mayores pesos secos de fruto se lograron con los tratamientos L1 y L2, lo cual corresponde con los resultados anteriores e indican que las mejoras en las condiciones del suelo y en el desarrollo del cultivo influyen favorablemente en el peso del fruto (Tabla 3).

La misma prueba para fechas de evaluación permitió la formación de tres grupos con comportamientos estadísticos diferentes. El primero lo formó la evaluación realizada a

los 64 días después del trasplante con 14,57 g en peso promedio de frutos; el segundo la realizada a los 94 días, con 32,87 g; y el tercero la efectuada a los 124 días, con 19,63 g. Estos resultados señalan que el mayor peso de fruto

por planta se obtuvo a los 94 días después del trasplante, lo que corresponde con la evaluación del peso seco promedio de la parte aérea de la planta.

Tabla 3. Variación del peso seco de raíces, peso seco de la parte aérea de la planta y peso seco promedio del fruto debido a los distintos tratamientos de mecanización.

Tratamiento de mecanización	Peso seco de raíces (g/planta)	Peso seco parte aérea (g/planta)	Peso seco del fruto (g)
L1	31,31 a**	50,67 a**	27,50 a**
L2	27,17 b	44,92 ab	23,22 b
L3	22,16 c	40,30 b	19,41 c
L4	23,77 d	42,25 b	19,31 c
(CV)	* 4,27%	14,61%	11,23%

** Diferencias significativas al 1%

Los tratamientos con una misma letra no difieren estadísticamente entre si.

Conclusiones

Teniendo en consideración las condiciones particulares de estos suelos y aquellas relativas a la conducción del experimento, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

1. Al preparar el suelo con diferentes implementos de labranza se modificaban algunas de sus propiedades tales como: densidad aparente, porosidad y capacidad de retención de humedad. Así mismo, cada tratamiento de labranza tuvo un efecto particular sobre el crecimiento y producción del cultivo del pimentón, tal como lo indican los resultados obtenidos en las determinaciones sobre el peso seco de las raíces, peso seco de la parte aérea de la planta y peso seco promedio de frutos.

2. Para la profundidad de 0-10 cm.,

todos los tratamientos de labranza produjeron efectos positivos similares sobre las variables del suelo estudiadas, pero los mismos desaparecieron con el tiempo, siendo menor esta variación al roturar a mayor profundidad.

3. Los tratamientos con penetración hasta la profundidad de 10-20 cm., tendieron a mejorar las propiedades del suelo estudiadas y aquellos cuya acción es superficial mostraron un efecto detrimental sobre las mismas, en ese estrato del suelo. Este efecto fue más notorio cuando se utilizaron pases de rastra solamente. Por otro lado, las mejoras logradas a esta profundidad también se deterioraron con el tiempo, pero con menor intensidad si se comparan con las superficiales.

4. En términos generales, se puede concluir que el mejor tratamiento de labranza fue el subsolador más rastra, ya que dicha

práctica mejoró las condiciones del suelo dentro del rango de la profundidad efectiva para el desarrollo de las raíces, produciendo un menor deterioro en el tiempo, lo que se tradujo en un mayor peso seco de las raíces, parte aérea y peso de los frutos.

Literatura citada

1. Baver, L.D., W.H., Garner y W.R. Garner. 1973. Física de Suelos.. UTEHA, México, D.F., 529 p.
2. Bennet, D. y B.D. Doss. 1960. Effect of soil moisture level on root distribution of cool-season forage species. Agron. J. 52: 204-207.
3. Diaz, R., J. Carrillo y D. Delgado. 1982. Hortalizas: Investigación y producción. FONAIAP, Región Centro Occidental, El Cují, Lara, Venezuela. 82 p.
4. Doss, B. D., J.L. Turner y C.E. Evans. 1981. Irrigation methods and in row chiseling for tomato production. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106 (1): 95-97.
5. FUDECO. 1973. Proyecto Yacambú, Bases para el desarrollo del Valle de Quibor. FUDECO. Barquisimeto.
6. Hughes, H.A. 1980. Conservation for Farming. John Deere & Company-Moline, Illinois. 150 p.
7. Kamprath, E.J., D.K. Cassel, H.D. Gross y D.W. Dibb. 1979. Tillage effects on biomass production and moisture utilization by soybean on coastal plain soils. Agron. J. 76 (6): 1001-1005.
8. Pla S., I. 1977. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. UCV. Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología. Maacay-Venezuela.
9. Portas, C.M. 1973. Development of root systems during the growth of some vegetation crops. Plant and Soil. 39 (3): 507-518.
10. Porterfield, J. 1984. Farm Partner: Have You Guggled Your Soil Lately, Amer. farm. Bureau Federation. 53 p.
11. Soane, B.D. y J.D. Pigeon 1975. Tillage requeriment in relation to soil physical properties. Soil. Sci. 110 (5): 276-283

