

Efecto de dos sistemas de labranza, abonos verdes y fertilización química sobre la densidad de raíces del maíz en Turén, Estado Portuguesa.¹

Effects of two tillage systems, green manure and chemical fertilizer on the root density of maize in Turen, State of Portuguesa.

Jesús A. Díaz S.²

Resumen

El ensayo se realizó en un suelo del orden Inceptisol de textura franco limosa, con limitaciones de drenaje interno, ubicado en la localidad de Turén del Estado Portuguesa, a 9° 16' Latitud Norte y 69° 06' Longitud Oeste, con un clima sub-ecuatorial continental, bosque seco tropical. Se estudió el comportamiento de la densidad de raíces del maíz como respuesta a sistemas de labranza, abono verde y fertilización química, en un diseño factorial 3 x 2 x 3 con arreglo en parcelas subdivididas y cuatro repeticiones. Se evaluaron los sistemas de labranza mínima con paraquat y con glifosato y el sistema convencional, cada uno con barbecho natural y leguminosa combinados con tres niveles de fertilización química (N-P-K). Con la labranza mínima y leguminosa se obtuvieron diferencias altamente significativas en densidades de raíces. Con la fertilización alta (400kg/ha de 15-15-15) se obtuvieron los valores superiores para esta variable, según prueba de Tukey.

Palabras claves: Labranza, abonos verdes, fertilización, densidad de raíces, maíz.

Abstract

This experiment was carried out on an Inceptisol with a silty loam texture and with internal drainage problems located Turen area of the State of Portuguesa (69° 16' North 69° 06' West) with a subequatorial continental climate and dry tropical forest. The behaviour of the root density of maize was studied as an effects of tillage systems, green manure and chemical fertilizer in a 3x2x3 factorial design with an arrangement of treatment in

Recibido el 08-02-95 • Aceptado el 28-09-95

1. Proyecto financiado por la Secretaría de Postgrado de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ) y PALMAVEN.

2. Facultad de Agronomía, LUZ, Apartado 15205. Maracaibo, ZU 4005, Venezuela.

subdivided plots and 4 repetition. The minimum tillage systems were evaluated with paraquat, glyphosate and the conventional system each under natural secondary vegetation and leguminous plants in combination with three levels of chemical fertilizer (N-P-K). With minimum tillage and leguminous plants highly significant differences in root density were obtained. With higher values of this variable were obtained according to the Tukey method.

Key words: Tillage, green manure, fertilization, root density, maize.

Introducción

En los Llanos Occidentales el problema de la labranza, ocupa un preponderante papel, ya que existen aproximadamente 1.650.750 hectáreas de suelos pesados (6). La aplicación de una agricultura altamente mecanizada contribuye a agravar aún más el problema de la degradación acelerada de los suelos. En Venezuela es bastante conocido que los suelos de Turén (Estado Portuguesa) han venido presentando un marcado deterioro físico y económico de los cultivos, y en especial del cultivo del maíz. Con la finalidad de encontrar

una alternativa que permita hacer un uso eficiente del recurso suelo, para garantizar su conservación e incrementar la productividad surgió el presente estudio. Se evaluó el sistema de labranza mínima como una alternativa de mejoramiento respecto al sistema de labranza convencional, estableciendo diferencias entre los efectos que se producen sobre la densidad de raíces del cultivo del maíz al combinar ambos sistemas con abonos verdes y diferentes dosis de fertilización química.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en la Estación Experimental de FUNDESOL (antigua estación de FONALI), ubicada en la carretera B, Agrícola de Turén, Estado Portuguesa, entre las coordenadas 9° 16' Latitud Norte y 69° 06' Longitud Oeste a 215 m de altura sobre el nivel del mar (7). La zona corresponde a clima subecuatorial continental, bosque seco tropical (7) con promedios anuales de 1412.5 mm de precipitación, 1618.5 mm de evaporación, temperatura media de 26.7° c y 75% de humedad relativa (7).

Los suelos de la zona corresponden al orden Inceptisol, siendo su posición geomorfológica una napa de desborde con pendiente plana y de textura franco arcillolimosa (FAL) con limitaciones de drenaje interno (4).

El sitio experimental fue muestreado a las profundidades 0-15 y 15-30 cm y los resultados físico-químicos se presentan en el cuadro 1, observándose que es un suelo FL de baja fertilidad, ligeramente alcalino y con alto contenido de calcio. En función de estos resultados se esta-

Cuadro 1. Caracterización inicial del suelo.

	Profundidad (cm)	
	0-15	15-30
ph (1:1)	7.40	7.50
CE (ds/m)	0.37	0.20
Fósforo (ppm)	34.00 (M)	34.00 (M)
Potasio (ppm)	34.00 (B)	34.00 (B)
Calcio (ppm)	2692.00 (MA)	2860.00 (MA)
Sodio (ppm)	11.00 (B)	6.00 (B)
Materia Orgánica	2.67 (M)	0.81 (B)
Arena (%)	23.20	30.00
Limo (%)	53.20	56.80
Arcilla (%)	27.60	21.20
Textura	FL	FL

Método: Fósforo: Olsen. Potasio: Acetato de amonio y fometría de llama. Sales solubles: Conductividad eléctrica. Materia orgánica: Walkley-Black. Textura: Bouyoucos. Calcio y Magnesio: Acetato de amonio pH7. Absorción atómica.

blecieron los niveles de fertilización química utilizados en los tratamientos, donde se adjudicó 130 kg N, 60 kg P₂O₅ y 60 kg K₂O, como fertilización alta, 100 kg N, 30 kg P₂O₅ y 30 kg K₂O, como fertilización baja y cero fertilización como testigo, valores que al transferirlos a la fórmula completa utilizada (15-15-15) y la úrea usada como reabono representan 400, 200 y 0 kg de fórmula más 150 kg de úrea por hectárea respectivamente. El diseño experimental usado, fue en parcelas subdivididas con 4 repeticiones y tres factores (labranza, abono verde y fertilización química); el factor labranza fue representado por tres niveles: labranza mínima con Paraquat (LMP), labranza mínima con Glifosato (LMG) y labranza convencional (LC), el abo-

no verde por dos niveles barbecho natural (B) y crotalaria como leguminosa (LE) y la fertilización química por tres niveles: fertilización alta (FA), baja (FB). Las parcelas principales correspondieron a la labranza, las subparcelas al abono verde y las sub-subparcelas a la fertilización química.

La leguminosa (crotalaria), se sembró manualmente el día 07/05/92, después del control de malezas mediante un pase de rotativa y previa realización de pequeños surcos en forma manual, donde se distribuyó la semilla. Transcurridos 45 días se cortó a ras del suelo conjuntamente con el barbecho, y se tomaron muestras para efectuar los análisis químicos respectivos. Tanto la leguminosa como el barbecho se de-

jaron sobre el suelo en los tratamientos de labranza mínima y se incorporaron en el tratamiento de labranza convencional, mediante tres pases de rastra. La Siembra y fertilización se efectuaron en forma mecanizada, usando el híbrido CENIAP-PB-8, separado entre hileras a 90 cm y nueve semillas por metro lineal. El fertilizante se aplicó en bandas al lado de la semilla.

El control de maleza en el sistema de labranza convencional, se efectuó con Prowl 330-E (Pendimethalin), en dosis de 3L/ha más 2 kg/ha más 2 kg/ha de Gesaprin (Atrazina) mezclados en 400 L de agua y aplicado con asperjadora de espalda. Para los tratamientos de labranza mínima se aplicaron, en presiembra los herbicidas Glifosato y Paraquat, una semana después de cortada la crotalaria y el barbecho, en dosis de 2 L/ha de cada producto con el mismo equipo antes mencionado.

A los 18 días después de la siembra se realizó un entresaque, dejando 20 cm de separación entre plantas para una población de 55555

plantas; el reabono se aplicó a los 35 días después de la siembra, con urea (46% N) en dosis de 150 kg N/ha. No se presentaron ataques de plagas ni enfermedades. Se realizó un control de malezas manual a los 40 días después de la siembra, dado el alto grado de infestación. Se midió la densidad de raíces del cultivo del maíz a profundidad de 0-10 cm; 10-20 cm y 20-40 cm, utilizando el método del cilindro (3). Las muestras se extrajeron con un cilindro de 7,2 cm de diámetro y 7,1 cm de altura para un volumen de 289 cm. Las muestras fueron tomadas a una distancia de 10 cm separadas desde la base de la planta, a los 75 días después de la siembra, luego se saturaron, tamizaron y se secaron a temperatura ambiente. Posteriormente se pesaron y los resultados se expresaron en microgramos por centímetro cúbico ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) para las diferentes profundidades de estudio.

En el análisis estadístico se utilizaron las pruebas de media de Tukey. El paquete estadístico utilizado fue el SX.

Resultados y discusión

Efecto de la labranza.

Los análisis estadísticos establecieron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) ocasionadas por la labranza en la densidad de raíces. El cuadro 2 presenta los resultados de las medias expresadas en $\mu\text{g}/\text{cm}^3$, allí se observa que los mayores promedios se encontraron en el tratamiento de labranza mínima para todas las profundidades de estudio; se

destaca que la mayor concentración en esta variable se alcanzó hasta los 10 cm de profundidad en ambos tipos de labranza. Resultados similares reportó Baber (1) y Cabrera *et al.* (3), al encontrar incremento en la densidad de raíces en la profundidad de 0-10 cm del suelo bajo labranza cero comparado con la labranza convencional. También Maurya y Lal (8), indicaron que la densidad de raíces

Cuadro 2. Valores promedio de densidad de raíces en $\mu\text{g}/\text{cm}^3$, según sistema de labranza.

Labranza	Profundidad (cm)		
	0-10	10-20	20-40
L. Mínima	102.50 ^a	51.25 ^a	1.58 ^a
L. Convencional	45.46 ^b	8.54 ^b	0.25 ^b

Promedio con letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes.

en los primeros 5 cm del suelo era 11 veces más alta en labranza cero que en labranza convencional.

Efecto del abono verde. Los análisis estadísticos establecieron resultados significativos ($P < 0.05$) en relación al efecto del abono verde sobre la densidad de raíces del cultivo. Los mayores valores obtenidos en esta variable se alcanzaron en el tratamiento con leguminosas a todas las profundidades de estudio (figura 1). Se destaca que la mayor concentración de raíces se encontró en los primeros 10 cm de profundidad, tanto para la condición de leguminosa como para la condición de barbecho, mientras que entre 20-40 cm de profundidad prácticamente no se encontraron raíces.

Efecto de la fertilización química. El efecto causado por la fertilización química sobre la densidad de raíces del cultivo se muestra en la figura 2. El análisis de varianza realizado mostró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre las dosis de fertilización utilizadas.

El valor mayor ($P < 0.05$) (Pen esta variable se obtuvo en la fertilización alta (130 N, 60 K₂O y 60 P₂O₅) y seguido de la fertilización baja (100

N; 30 K₂O; 30 P₂O₅) y cero fertilización. Se explica entonces que hubo un mejor aprovechamiento de estos nutrientes en la dosis alta aplicada.

Efectos combinados labranza abono verde. El efecto de esta interacción sobre la densidad de raíces del maíz se presenta en el cuadro 3. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) a todas las profundidades de observación. Para ambos sistemas de labranza los mayores valores promedios en esta variable se encontraron cuando se usó leguminosa; siendo el promedio mayor en la labranza mínima. Estas diferencias encontradas pueden atribuirse al hecho de que en el suelo rastreado se crearon condiciones de aguachinamiento que afectaron negativamente el desarrollo radical del cultivo. Al efecto, Lugo (5), encontró un mejor desarrollo del maíz en labranza cero cuando lo comparó con un suelo labrado, y atribuyó tal diferencia al hecho de que en la capa labrada se produjeron condiciones de anaerobiosis que limitaron el crecimiento del cultivo en las primeras etapas de su desarrollo.

Efectos combinados labranza fertilización. Los valores

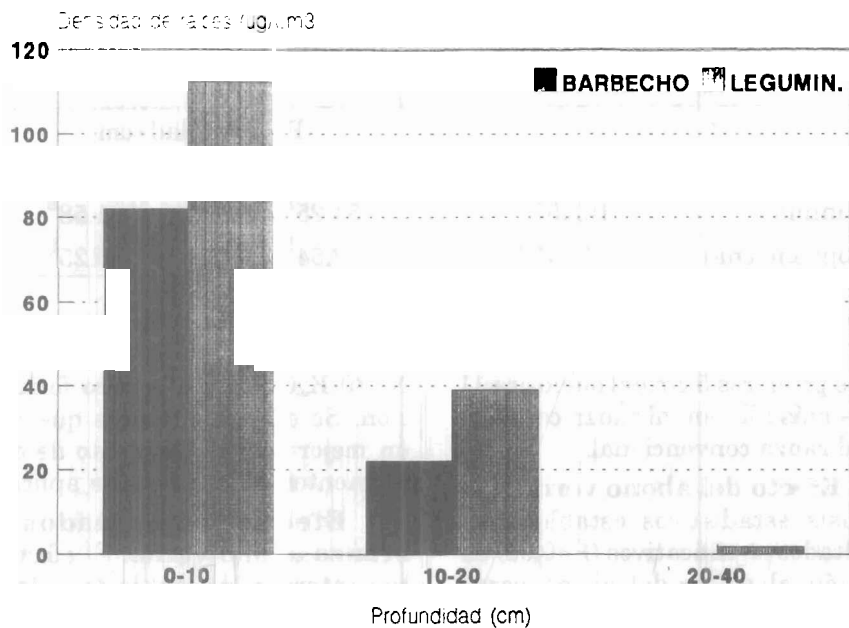


Figura 1. Efecto del abono verde sobre la densidad de raíces del maíz.

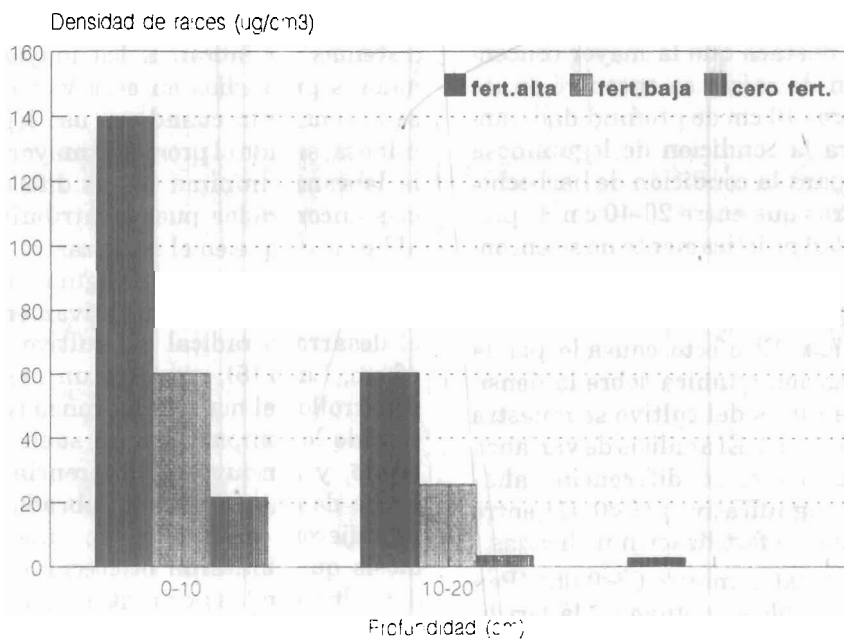


Figura 2. Efecto de la fertilización sobre la densidad de raíces del maíz.

Cuadro 3. Promedio de densidad de raíces ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) interacción de la labranza con el abono verde.

Labranza	Abono Verde	Profundidad (cm)		
		0-10	10-20	20-40
Mínima	Barbecho	82.67 ^a	41.83 ^a	0.00 ^a
	Leguminosa	122.20 ^b	60.67 ^b	3.17 ^b
Convencional	Barbecho	45.00 ^a	2.33 ^a	0.00 ^a
	Leguminosa	45.90 ^b	17.17 ^b	0.50 ^b

Promedio con letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes.

de la prueba de media para la interacción labranza-fertilización sobre la densidad de raíces se presentan en el cuadro 4. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) a todas las profundidades de muestreo.

De acuerdo con el cuadro 4, el efecto de la labranza sobre la densidad de raíces depende del nivel de fertilización. Así se observa que la labranza incrementó la densidad de raíces en la medida que aumentó la dosis de fertilizante hasta 10 cm de profundidad; siendo el aumento mayor en la labranza mínima que en la convencional. Este comportamiento se presenta en las tres profundidades de observación. En este sentido, se ha señalado que en los sistemas de labranza mínima al aplicar el fertilizante la superficie del suelo, los nutrimentos se concentran en la capa superior del mismo y el cultivo responde con una proliferación de raíces en esa zona y un aumento en la absorción de nutrientes por unidad radical (9).

Efectos combinados abono verde fertilización química. Cuando se evaluó la acción conjunta del abono verde y la fertilización química sobre la densidad de raíces los resultados del análisis de varianza presentaron diferencia significativa ($P < 0.05$) a las profundidades comprendidas entre 0-10 cm y entre 20-40 cm (cuadro 5).

En la figura 3, se observa que el mayor efecto se encontró con la combinación leguminosa-fertilización que con barbecho-fertilización igualmente se resalta que el efecto del abono verde sobre la densidad de raíces depende del nivel de fertilización usado. En estas condiciones se encontró que con la dosis alta de fertilización aumentó la densidad de raíces.

Efectos combinados de labranza, abono verde y fertilización química. Al evaluar la influencia de la interacción labranza-abono verde y fertilización química (cuadro 6), en el análisis de

Cuadro 4. Promedio de densidades de raíces ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) interacción labranza con fertilización.

Labranza	Fertilización	Profundidad (cm)		
		0-10	20-40	20-40
Mínima	Alta	174.40 ^a	102.10 ^a	4.75 ^a
	Baja	99.50 ^b	49.25 ^b	0.00 ^t
	Cero	33.50 ^c	2.37 ^c	0.75 ^e
Convencional	Alta	105.50 ^a	18.87 ^c	0.75 ^e
	Baja	20.50 ^b	5.87 ^b	0.00 ^b
	Cero	10.00 ^c	4.50 ^c	0.00 ^b

Promedio con letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes.

Cuadro 5. Promedio de densidad de raíces ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) Interacción abono verde y fertilización química.

Abono Verde	Fertilización Química	Profundidad (cm)		
		0-10	10-20	20-40
Barbecho	Alto	119.20 ^a	10.46 ^a	0.00 ^e
	Bajo	51.50 ^b	8.86 ^a	0.00 ^e
	Cero	20.65 ^c	9.94 ^a	0.00 ^e
Leguminosa	Alto	160.6 ^a	10.75 ^a	5.50 ^h
	Bajo	68.87 ^b	10.30 ^a	0.00 ^{ei}
	Cero	22.75 ^c	10.98 ^a	0.00 ^{ei}

Promedios con letra distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes.

varianza se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) a las profundidades comprendidas entre 0-10 cm y 20-40 cm. En esta última profundidad hubo diferencia sólo en la condición de leguminosa-fertilización alta (LFA), ya que en las demás combinaciones no se encontraron raíces a esta última profundidad. A la profundidad de 0-10 cm, la mejor res-

puesta de esta variable del cultivo se encontró en la labranza mínima para todos los niveles de fertilización, se utilizó la combinación leguminosa fertilización química (fig. 4). Similar comportamiento se presenta en la labranza convencional, aunque la magnitud del efecto es menor que la labranza mínima.

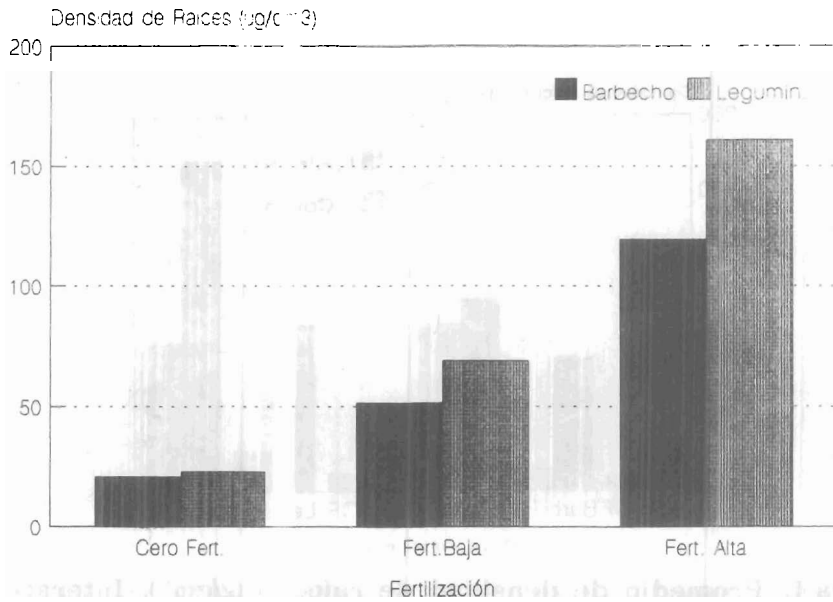


Figura 3. Promedio de densidad de raíces ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$). Interacción abono verde-fertilización química, 0-10 cm de profundidad

Cuadro 6. Promedio de densidad de raíces ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) interacción Labranza-abono verde y fertilización química.

Labranza	Abono Verde Fertilización	Profundidad		
		0-10	10-20	20-40
Mínima	BFA	127.70 ^a	93.50 ^a	0.00
	BFB	88.00 ^b	32.50 ^b	0.00
	BCF	32.50 ^c	0.00 ^c	0.00
	LFA	221.10 ^a	110.70 ^a	9.50 ^{ti}
	LFB	111.00 ^b	66.50 ^b	0.00 ^b
	LCF	34.50 ^c	4.70 ^c	0.00 ^b
Convencional	BFA	111.00 ^a	3.50 ^a	0.00
	BFB	15.00 ^b	1.50 ^b	0.00
	BCF	9.00 ^c	0.00 ^c	0.00
	LFA	100.00 ^a	32.20 ^a	1.00
	LFB	26.75 ^b	10.20 ^b	0.00
	LCF	11.00 ^c	9.00 ^b	0.00

Promedio con letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes.

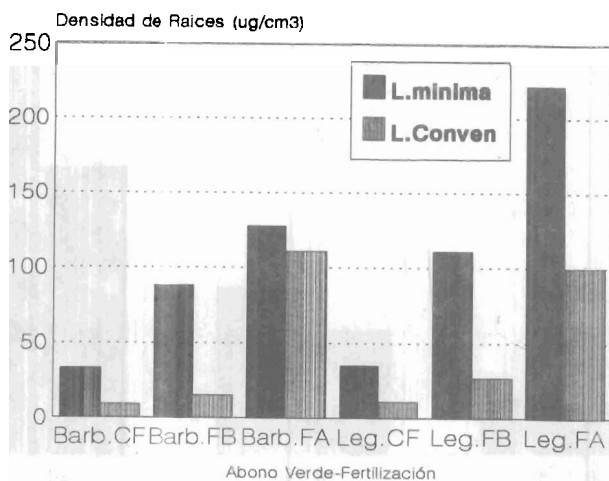


Figura 4. Promedio de densidad de raíces ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$). Interacción labranza - abono verde - fertilización química, 0-10 cm de profundidad

Conclusiones

Según la información obtenida en el estudio realizado y considerando las condiciones de campo bajo las cuales se condujo este ensayo se establece la siguiente conclusión:

La densidad radical promedio del cultivo del maíz, siempre fue mayor en la labranza mínima que en la

labranza convencional a todas las profundidades de estudio (0-10; 10-20; y 20-40 cm), destacándose que el mejor efecto producido resultó con la combinación labranza mínima leguminosa-fertilización alta y la mayor concentración de raíces se encontró hasta los 10 cm de profundidad.

Recomendaciones

Los resultados obtenidos en este ensayo conllevan a dar las siguientes recomendaciones:

1. En virtud de que en los análisis de sistemas de labranza deben considerarse los efectos a largo y corto plazo se recomienda continuar evaluando el sistema de labranza mínima con una alternativa posible frente al sistema convencional, ya

que se ha encontrado mejor respuesta en lo que respecta a la densidad de raíces del cultivo de maíz.

2. Evaluar el comportamiento del cultivo del maíz a través del tiempo y relacionarlo con las respuestas climáticas a lo largo de su ciclo, ya que la irregularidad de las lluvias, puede afectar gravemente al cultivo ocasionando pérdidas totales.

3. Seguir evaluando el efecto de la leguminosa crotalaria cuando se utiliza con la labranza mínima ya

que parece ser una alternativa promisoriosa, pudiéndose además integrar a la producción animal.

Literatura citada

1. Baber, S.A. 1971. Effect of tillage practice on corn (*Zea Mays L.*) root distribution and morphology. *Agron. J.* 63:724-726.
2. Bohm, W. 1979. Methods of studying root systems. *Spring Verlg Beclim, Heidelberg, New York*, pp. 49-53.
3. Cabrera, S., H. Oropeza., A. Pérez., y F. Morillo. 1990. Evaluación de prácticas de labranza en suelos representativos del Estado Portuguesa. *Memorias XIV. Reunión de maiceros de la zona andina. FONAIAP-CIMMYT. Maracay, Venezuela*
4. Florentino, A. 1989. Efecto de la compactación sobre las relaciones hídricas en suelos representativos de la Colonia Agrícola de Turén. Tesis de Doctorado. Facultad de Agronomía. U.C.V. Maracay, Venezuela.
5. Lugo, J. 1989. Efecto de la labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo y su incidencia en el comportamiento del cultivo del maíz. Tesis M.Sc. Facultad de Agronomía, U.C.V., Maracay, Venezuela.
6. Marcano, F. 1978. Evaluación de diferentes prácticas de mecanización y sus efectos sobre algunas propiedades físicas en suelos pesados. Tesis M.Sc. CIDIAT. Mérida. Venezuela.
7. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, 1992. Datos climatológicos. Estación Meteorológica Turén, Estado Portuguesa.
8. Maurya, P. y R., Lal. 1979. Effect of no tillage and conventional plowing on root development and configuration of maize and leguminous crops. 171-182. In: *Soil tillage and crop production proceeding. Series N 2. R. Lal (ed). IITA Ibadan. Nigeria.*
9. Russel, R. 1977. *Plant root systems their function and interaction with the soil.* Mc Graw Hill Book Company. 298 pp.