

## EFFECTO DE CUATRO SISTEMAS DE LABRANZA SOBRE LAS CONDICIONES FÍSICAS DE UN SUELO VERTISOL DEGRADADO

Hugo Ruiz E.<sup>1</sup>

Edgar Amézquita C.<sup>2</sup>

Lucio Legarda B.<sup>3</sup>

Jorge Peña C.<sup>4</sup>

### RESUMEN

En el trabajo se presentan los resultados obtenidos en penetrabilidad, desarrollo de raíces, humedad, al evaluar la influencia de cuatro sistemas de labranza (Mulch-Tiller, cincel vibratorio, siembra directa y labranza convencional) en el Valle del Cauca. Los resultados obtenidos en los tratamientos aplicados se contrastan con un suelo no intervenido, sembrado con cacao.

Entre los parámetros físicos evaluados, la resistencia mecánica a la penetración medida con el penetógrafo de pistón hasta 60 cm de profundidad cada 2,5 cm., ha mostrado buen ajuste con el desarrollo de raíces. Las observaciones realizadas en cuatro ciclos de rotación algodón (*Gossypium hirsutum*) - soya (*Glycine max*) muestran que en los primeros 20 cm., se presentan menores valores (0.5-1,0 MPa) de penetrabilidad que el resto del perfil.

Esta primera profundidad es precisamente la que se interviene con maquinaria.

<sup>1</sup> Profesor Hora Cátedra. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

<sup>2</sup> Físico de Suelos Programa Física de Suelos CIAT - Cali, Colombia.

<sup>3</sup> Profesor Titular. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

<sup>4</sup> Investigador, CORPOICA, Palmira, Colombia.

La siembra directa presentó el valor promedio más alto (1,70 MPa), diferenciándose estadísticamente del 5% a los demás tratamientos. El menor valor promedio fue de 0,68 MPa que le correspondió a Mulch-Tiller; únicamente el suelo bajo cacao presentó un valor de 0 para resistencia a la penetración a nivel superficial.

La relación entre resistencia mecánica a la penetración y la profundidad del perfil se ajustó a un modelo polinomial de tercer grado y guardó estrecha relación con el desarrollo de la raíz. La profundidad de la raíz osciló entre 8 y 22 cm., para el cultivo de algodón y para soya entre 9 y 14 cm. La mayor profundidad de raíz se encontró en cincel vibratorio y la menor en siembra directa en ambos cultivos. El rango de humedad al cual se hicieron las determinaciones varió entre el 10% y el 18%.

### INTRODUCCION

En el Valle del Cauca los excesos de mecanización en la preparación del suelo han conducido a la degradación de este recurso. En la búsqueda de alternativas de preparación que ayuden a disminuir el impacto degradativo ocasionado, en los últimos años se viene desarrollando una investigación, en la cual, se evalúa la influencia que sobre las propiedades físicas del suelo pueden tener cuatro sistemas de labranza (mulch - tiller, siembra directa, cincel vibratorio y la labranza convencional) en una rotación algodón (*Gossypium hirsutum*) - soya (*Glycine max*). Los resultados se comparan con un suelo bajo cacao (testigo). La penetrabilidad expresa la resistencia mecánica que opone el suelo a la penetración de las raíces de las plantas. Para su medición se utilizan penetrógrafos ó penetrómetros. Un factor importante en la toma de las lecturas es la humedad a la cual se encuentra el suelo; se ha observado que a medida que el suelo se seca, la medida de resistencia a la penetración aumenta (Baver, 1973).

El impedimento mecánico debido a la compactación y a la presencia de capas endurecidas (adensadas), es la principal causa de disminución de rendimientos e insostenibilidad de suelos tropicales, debido a los efectos negativos que causan en el crecimiento de las raíces (Castro y Amézquita, 1991; Arking y Taylor, 1981).

Amézquita (1998) define sistema de labranza como una serie secuencial de actividades que deben conducir a obtener a través del tiempo un suelo "ideal" para el desarrollo radical de tal forma que permita a las plantas expresar todo su potencial genético. Para ello la labranza debe corregir cualquier limitante de orden físico que posea el suelo y ayuda a controlar los procesos erosivos. El mismo autor, citando a CTIC (1993), define la labranza de conservación como cualquier sistema de labranza y de siembra en el cual por lo menos un 30% de los residuos de cosecha anterior quedan sobre la superficie.

## METODOLOGIA

La investigación se desarrolló en el lote 14 de CORPOICA-Palmira, Valle del Cauca, en un suelo Epiaquert típico arcilloso, mezclado (Carbonático) isohipertérmico. El área del ensayo fué de 201 m x 170 m por franja para un área total de 3,43 hectáreas; los sistemas de preparación utilizados fueron los siguientes:

- a. Labranza convencional: Un pase de guadaña, un pase con arado de discos, dos pases con rastrillo, un pase con rastrillo pulidor y siembra.
- b. Mulch-tiller : Un pase de desbrosadora marca (Jhon Deere), dos pases con mulch-tiller marca (Jhon Deere), dos pases de field cultivator marca (Jhon Deere) y siembra (FMO, 1993).

- c. Siembra directa: Un pase de desbrosadora, un pase de field cultivator (se afloja el suelo para control de la soca del algodón) y siembra.
- d. Cíncel vibratorio: Un pase de desbrosadora, dos pases con cíncel vibratorio, dos pases de field cultivator y siembra.
- e. Testigo absoluto: suelo no intervenido sembrado con cacao hace más de 20 años.

La resistencia mecánica a la penetración se midió con un penetrógrafo de pistón marca Daiki. Por cada tratamiento se hicieron muestreos en tres sitios adyacentes a las calicatas que se constituyeron en las repeticiones. Igualmente se tomaron muestras de suelo cada 2,5 cm de profundidad para determinar la humedad gravimétrica y ajustar las lecturas del penetrógrafo. Las lecturas de resistencia mecánica a la penetración se realizaron al final de cada cultivo, veinte días antes de la primera cosecha del algodón.

Para la medición de profundidad del sistema radical, se tomaron diez plantas en tres sitios diferentes por cada tratamiento, coincidiendo con el sitio donde se tomó la medida de penetrabilidad. Se tomaron tres plantas en el primer sitio (Cabecera de la parcela), cuatro plantas en el segundo sitio (Centro de la parcela), y tres plantas en la parte final de la parcela.

Para la evaluación de las raíces en las plantas seleccionadas en cada sitio se abrió una calicata con una profundidad de 80 cm y un ancho de 50 cm, donde se procedió a tomar muestras de profundidad efectiva de raíces en el perfil del suelo.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Las Figuras 1 y 2 muestran que los valores promedios de resistencia a la penetración encontrados en los diferentes sistemas de labranza utilizados. Se observa que existen diferencias en los valores obtenidos en el 96A y 97A, observándose una mayor uniformidad en la penetrabilidad en el segundo año como respuesta acumulativa de los tratamientos.

En 1996 A (Figura 1), Los valores de la resistencia mecánica a la penetración en los primeros 20 cm fueron superiores a los encontrados en las profundidades subsiguientes, demostrando que existe en el suelo capas compactadas y adensadas que pueden causar efectos negativos en la difusión de gases y en el desarrollo de las raíces.

Los análisis estadísticos (véase Tabla 1) mostraron que en siembra directa se obtuvo el mayor valor de penetrabilidad (1,67 Mega Pascales (MPa)) y que este presentó diferencias significativas respecto a los demás tratamientos. El mulch tiller presentó menor valor de resistencia (0,70 Mega Pascales (Mpa)), el cual fue estadísticamente menor que en los demás tratamientos. Las profundidades mayores a 22,5 cm presentaron los valores más altos de resistencia mecánica a la penetración existiendo diferencias significativas con las profundidades inferiores. Esto muestra la presencia de capas endurecidas en el perfil del suelo como consecuencia del uso intensivo al cual ha sido sometido durante décadas, lo cual no le permite a la raíz explorar más suelo, disminuyendo considerablemente su productividad, lo cual coincide con lo expuesto por Primavesi (1989) y Wild (1992), cuando analizan el desarrollo de raíz y la productividad de los cultivos.

En los valores encontrados en el año 1997A (Figura 2) se presentaron mayores cambios. Los valores en los tratamientos variaron entre 0,5 y 1,0 MPa. en los primeros 20 cm siendo menores que en el año anterior. En la siembra directa (Tabla 1) se presentó la mayor resistencia (1,73 Mpa) siendo estadísticamente significativo respecto a los demás tratamientos.

Por profundidad, los mayores valores se encontraron por debajo de los 20 cm y presentaron diferencias estadísticas significativas con respecto a las otras profundidades. Todos estos datos demuestran que hay un grave problema de compactación por debajo de los 20 cm.

A continuación se hace referencia a lo sucedido con los resultados de resistencia mecánica a la penetración en relación con la profundidad del perfil evaluados por medio del modelo que más se ajustó a dicha relación. (Únicamente se toman los datos del primer semestre de 1996 correspondientes al cultivo de algodón).

Las tendencias que relacionan la resistencia mecánica a la penetración con la profundidad, en el semestre 1996A se muestran en la Figura 3. El modelo de mayor ajuste fue el de un polinomio de tercer grado (Véase figuras 3.1 a 3.5). En la figura también se incluye la profundidad promedio de la raíz del algodón y la humedad gravimétrica del suelo al momento de las determinaciones. El comparativo se hizo en los primeros 30 cm de profundidad, porque es la zona de mayores cambios observados, y la que tiene directa relación con el desarrollo del sistema radical.

En el suelo bajo cacao (Testigo absoluto), la resistencia varió entre 0 y 1,0 MPa en los primeros 10 cm y luego cambió drásticamente hasta llegar a 2,2 MPa a los 30 cm de profundidad (Véase Figura 3,1); el valor de resistencia cero encontrado a nivel superficial, demuestra que no había encostramiento superficial mientras que los valores altos de resistencia encontrados muestran la existencia de capas adensadas, que impiden la continuidad porosa y la difusión de gases en el perfil, lo que puede influir negativamente en el desarrollo del sistema radical. La humedad gravimétrica varió entre 12 y 19%.

La variación en los valores de resistencia mecánica a la penetración para mulch - tiller (Figura 3,2) en el semestre 96A, permite observar un cambio drástico a los 22 cm de profundidad, el cual guardó estrecha relación con el desarrollo de las raíces de algodón las que penetraron hasta 25 cm.



En el punto de cambio de pendiente (20 cm de profundidad) en la curva de resistencia mecánica a la penetración, la resistencia aumenta a niveles extremos; situación que demuestra la existencia de una zona compactada parcial posiblemente esté demostrando, la sumatoria de la continua mecanización a la cual se ha sometido estos suelos durante largas décadas; lo cual se discute en estudios realizados por Elhers (1975), Galerani (1994). La humedad gravimétrica para este tratamiento varió entre 10-16%.

Los niveles de resistencia mecánica a la penetración para cincel vibratorio, se muestran en la Figura 3.3. A pesar del cambio en la pendiente de la curva a una profundidad de 12 cm, donde la resistencia mecánica a la penetración pasa a valores de alta resistencia, las raíces del cultivo de algodón profundizaron hasta los 22 cm; esto debe estar influenciado por la profundidad que alcanza el implemento en la preparación el suelo (27 cm), lo cual contribuye al rompimiento de las capas compactadas o adensadas, y permite una mayor porosidad y continuidad porosa en el perfil del suelo, lo que permite una mayor profundidad radical en este tratamiento, comparado con los otros sistemas de labranza. La humedad osciló entre 12 y 18%, el modelo tuvo un ajuste del 85%.

El modelo utilizado para evaluar la labranza convencional (Figura 3,4), muestra un ajuste del 97% y permite determinar que a una profundidad de 18 cm la curva cambia de pendiente, situación que demuestra la presencia de una capa compactada a esa profundidad, lo que hace que las raíces profundicen hasta los 18 cm en promedio. El punto de cambio en la pendiente a los 18 cm de profundidad en el suelo, muestra la influencia de la arado de discos que logra una profundidad de 18 a 20 cm en la preparación del suelo. La humedad gravimétrica fluctuó entre 10 y 14%.

La Figura 3, corresponde a siembra directa. En este sistema de labranza, la curva del modelo polinomial cambia de pendiente en los primeros 8 cm pasando a valores de alta y de extrema resistencia mecánica a la penetración; situación que se refleja directamente en la profundidad de las raíces, como se muestra en

la Figura 3,5. La raíz profundiza hasta 12 cm y refleja la falta de continuidad porosa en el suelo, que impide el desarrollo de las raíces. Este resultado muestra que mientras no exista un suelo de buena productividad, la siembra directa como tal difícilmente puede prosperar y esta situación se refleja en lo planteado por Crovetto (1992), y Gregory (1994). Cuando se discute la productividad del suelo.

En el cultivo de la soya que se sembró en los semestres B de cada año, se observaron variaciones similares a las encontradas en el algodón a excepción del semestre 97B, donde los resultados fueron diferentes debido en gran parte a la época de sequía (Fenómeno del niño) en el país, que influyó notoriamente en los datos de resistencia que se midieron. Estos fueron muy superiores a los de semestres anteriores, excediendo los valores máximos de resistencia mecánica a la penetración en los primeros centímetros en todos los tratamientos. La raíz de la soya fue más sensible a los problemas de compactación que la raíz de algodón. Se obtuvieron en promedio para el cultivo de soya longitudes de raíces en labranza convencional de 9 cm 96B y 13 cm 97B, en mulch tiller 14 cm en los dos semestres 96B, 97B, siembra directa 8 cm 96B y 10 cm 97B, finalmente cincel vibratorio 13 cm 96B y 14 cm 97B.

## CONCLUSIONES

La evaluación de la resistencia mecánica a la penetración medida a través del penetrógrafo de pistón, refleja la problemática de compactación y los inconvenientes que ella causa en el desarrollo de la raíz .

Los cambios en la resistencia mecánica a la penetración observada en los cuatro ciclos de rotación son leves, pero estadísticamente significativos.

Los resultados obtenidos en estos dos años muestran que la labranza vertical disminuye la resistencia mecánica a la penetración permitiendo un mayor crecimiento de las raíces.

## BIBLIOGRAFIA

AMEZQUITA, C.E. Propiedades físicas de los suelos de los llanos orientales y sus requerimientos de labranza. Cali, CIAT, 1998. 28 p.

ARKING, G.F. y TAYLOR, H.M. Modifying the root environment to reduce crop stress. OHIO, ASAE, Monograph No. 4. 1981. 40p.

BAVER, L.D., GARNER, W.H. y GARNER, R. W. Física de Suelos. 4a. ed. México, UTHEA. 1973. Pp. 70 - 110.

CASTRO, H. E. y AMEZQUITA, C. E. Sistema de labranza y producción de cultivos en suelos con limitantes físicos. Revista Suelos Ecuatoriales (Colombia), 21(1) : 21-28. 1991.

CROVETTO, C. Rastrojos sobre el suelo, una introducción a la lero labranza. Santiago, Ed. Universitaria San Francisco, Chile. 1992. 301p.

DEERE, J. Fundamental of machine operation. Illinois, Deere & Company, U.S.A. 1993. 157p.

EHLERS, W. Observation on earthworm channels and infiltration tilled an and tiller loes surls. Soil Science No. 119. 242p.

GALERAMI, P. R. Cropping system and rotation in tropical soy bean improvent and production. Roma, EMBRAPA - CNPSO, Italia. 1994. pp. 65-94.

GREGORY, P. J. Root growth and activity. In Physiology and determination of erop y reld. Wisconsin, ASA, CSSA, SSSA, USA. 1994. pp. 65-94.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico del suelo. Novena edición. Sao Paulo, ed. Nobel. 1988. 456p.

WILD, A. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russel. Madrid, Mundiprensa, España. 1989. pp. 223-855.

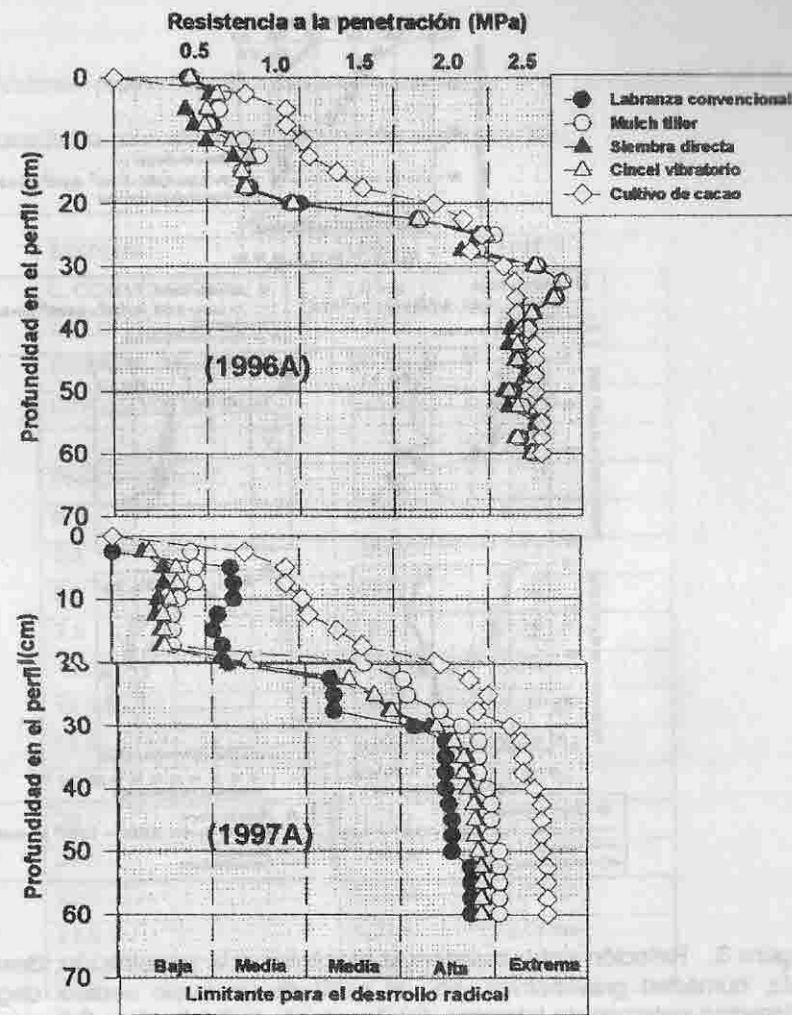


Figura 1 y 2. Valores promedio de resistencia mecánica a la penetración en diferentes profundidades para cuatro sistemas de labranza y un suelo bajo cacao en un vertisol, Palmira, Colombia. Cultivo de algodón 1996A, 1997A.

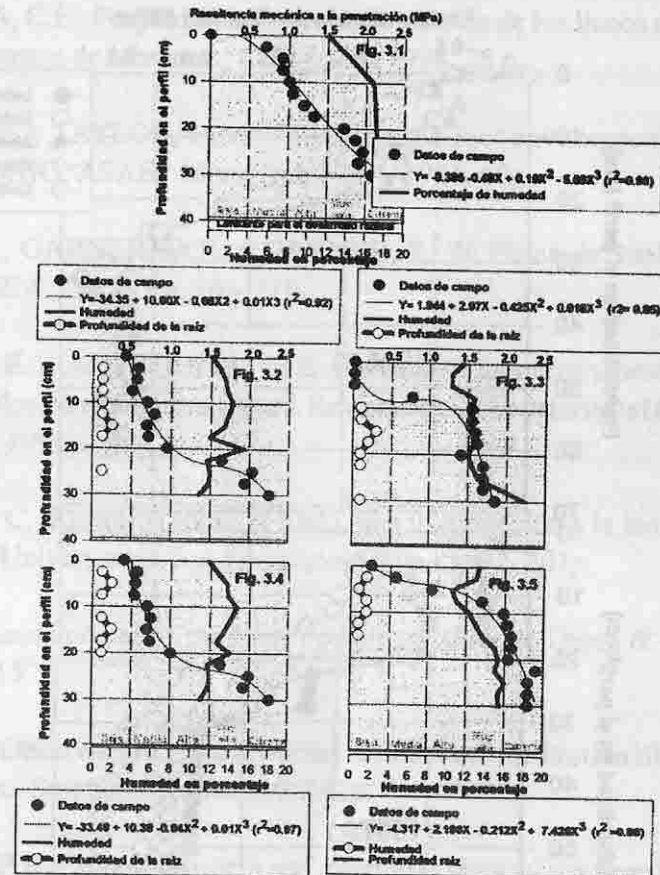


Figura 3. Relación entre resistencia mecánica a la penetración, desarrollo de la raíz, humedad gravimétrica, en el perfil de un suelo vertisol degradado con diferentes sistemas de labranza, las figuras de la 3,1 hasta a 3,5 corresponden a: Cacao (Figura 3,1), mulch tiller (Figura 3,2), cince vibratorio (Figura 3,3), labranza convencional (Figura 3,4) y siembra directa (Figura 3,5). Las mediciones corresponden al semestre 1996A, cultivo de algodón.

TABLA 1. Valores promedios de resistencia mecánica a la penetración (MPa) y significancia estadística en cuatro ciclos de rotación algodón – soya.

SISTEMA	1996 A	1997 A
L. CONVENCIONAL	1,05 a	1,08 b
MULCH TILLER	0,70 b	0,65 c
SIEMBRA DIRECTA	1,67 a	1,73 a
CINCEL VIBRATORIO	1,21 ab	0,82 c
PRPOFUNDIDAD		
0	0,15 f	0,11 j
2.5	0,45 e	0,73 i
5.0	0,66 e	1,10 h
7.5	0,94 d	1,24 gh
10.0	1,11 dc	0,32 g
12.5	1,12 dc	1,38 gf
15.0	1,16 dc	1,53 fe
17.5	1,31 c	1,62 de
20.0	1,52 b	1,71 dce
22.5	1,69 ba	1,76 dc
25.0	1,73 ba	1,87 bc
27.5	1,79 a	2,04 ba
30.0	1,82 a	2,12 a

Letras iguales no significancia  $P < 0.05$