

Efecto de cinco sistemas de manejo del suelo en las propiedades físicas de un typic distrandept en Piendamó, Cauca

Adriana Zamorano M., Rafael Velasco B., Martín Prager M.

Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira

Departamento de Agronomía

A.A. 237 Palmira -Valle- Colombia

COMPENDIO

La conservación del suelo en algunas zonas cultivadas de ladera está en una constante situación de riesgo; se hace necesaria la búsqueda de sistemas de manejo que permitan una agricultura sostenible y una mejora de la productividad y protección del suelo. Para contribuir en la búsqueda de soluciones se evaluaron durante los años de 1999 a 2000 diferentes manejos que incluían: labranza convencional (arado de vertedera reversible) y labranza mínima; el uso de barreras pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) y pasto vetiver (*Vetiveria zizanioides*) y coberturas. El estudio buscaba determinar el impacto de los manejos en las propiedades físicas del suelo. También se tomaron datos de pH (potencial hidrógeno), CIC (Capacidad de Intercambio Cationico), M.O (Materia Orgánica), Población microbiana y rendimiento del cultivo de yuca (*Manihot esculenta*), establecido en las parcelas experimentales. La investigación se realizó en el Lote Experimental de la Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola Rural (FIDAR) ubicado en el municipio de Piendamó, Cauca. Los sistemas de laboreo tienen efecto sobre variables físicas como la estabilidad de agregados al agua, debido al aumento de partículas mayores a 2 mm en la labranza mínima, situación que mejora las condiciones de humedad, aireación y actividad microbiana del suelo. En cuanto a la estructura, el laboreo influye en la estabilidad de la misma, es así como con la labranza convencional el suelo es más susceptible a las acciones erosivas del agua y el viento; el efecto de las barreras y coberturas está determinado por el tipo de labranza empleado; la labranza no influye significativamente en la producción de yuca, aunque pueden presentarse variaciones probablemente debido al efecto barrera + cobertura.

Palabras Claves: labranza, ladera, propiedades físicas, barreras, coberturas.

Effect of five tillage systems on some physical properties of a typic distrandept in Piendamó, Cauca

ABSTRACT

Soil preservation is a constant risk situation in some sloping cultivated zones. It is necessary to search management systems that allow a sustainable agriculture and an improvement of soil protection and productivity. Therefore, two plowing systems were evaluated during two years (1999-2000), including conventional tillage (Reversible "vertedera" plow) and minimal tillage, also the use of Elephant pasture (*Pennisetum purpureum*) and Vetiver pasture (*Vetiveria zizanioides*) as mulch. The study was carried out to determine the impact on the physical properties of the soil with such handlings. Data of pH, Cationic exchange capacity, organic matter, microbial population and cassava *Manihot esculenta* yield, produced in experimental plots were also collected. The research was done at the experimental station of the Foundation for the Research and Rural Agriculture Development, located at Piendamó, Cauca. Tillage systems do have an effect over the physical variables related with the stability of aggregates to water, mainly by the increment of particles greater than 2 mm with minimum tillage, situation which improves soil moisture, microbial activity and soil aeration. Tillage affected soil structure; the conventional tillage affects the soil producing water erosion and wind erosion. The effect of the barriers and mulch is determined by the tillage systems. Tillage systems did not its influence significantly cassava production, although variations, probably due to the effect barrier + mulch.

Keywords: plowing, slope, physical, properties, barriers, mulch.

Introducción

Los sistemas de labranza tienen como una de sus funciones alterar las propiedades físicas del suelo para posibilitar a los cultivos la mejor expresión de su potencial genético. En las últimas décadas como consecuencia de la desigual distribución de la tierra, los agricultores realizan prácticas de laboreo del suelo en zonas de riesgo (ladera), reducen el período de barbecho en los campos y alteran el ciclo normal de recuperación. El resultado de estos cambios en la intervención del suelo, se refleja en un marcado incremento de la tasa de erosión superficial y en la disminución de los nutrientes. Lo cual, sumado a la excesiva preparación, aplicación intensiva de fertilizantes, aguas para riego y uso indiscriminado de agroquímicos, ha afectado la productividad de los cultivos y la estabilidad de los sistemas de producción.

La búsqueda de soluciones para superar las dificultades en estas zonas de ladera están encaminadas no tanto a lograr aumento en el rendimiento de los cultivos, sino a la conservación y recuperación de los suelos, armonizando procesos de producción con la introducción de prácticas de manejo que sean acordes con los sistemas de cultivo del agricultor, las condiciones climáticas y socioeconómicas de la región.

La labranza mínima surgió como una de las tecnologías para la conservación del suelo, Hayes (1982) afirma que en varios países se ha comprobado que la no-labranza o su reducción a un mínimo puede mejorar las propiedades físicas, disminuir la erosión y conservar eficientemente la fertilidad, obteniendo rendimientos similares a los alcanzados con la labranza convencional, especialmente en cultivos de maíz, sorgo, soya.

En general las ventajas comparativas entre la labranza convencional y el laboreo mínimo tienen relación con la estructura del suelo, característica primordial en el aporte de agua y aire a las raíces, en la disponibilidad de nutrimentos, en la penetración y desarrollo de las raíces y en el desarrollo de la macrofauna del suelo.

De manera paralela a la disminución de las labores de labranza del suelo se ha desarrollado otra serie de prácticas de conservación, entre ellas la utilización de coberturas o mulch, consistentes en dejar los residuos de cosecha de los cultivos en la superficie del suelo o adicionar material vegetal del corte de plantas destinadas para tal fin, Herrera et al., (1991) mencionan que estos

residuos vegetales realizan un efecto cortina entre los rayos solares y el suelo, evitando la excesiva transpiración; además, al no ser disturbado el suelo superficialmente se conserva su estructura y se evita su pérdida por erosión hídrica.

El presente estudio plantea como objetivo general contribuir a la generación de conocimiento agronómico que permita entender los cambios en algunas propiedades físicas que suceden en un suelo de una zona de ladera por efecto de diferentes sistemas de labranza y manejo.

Los objetivos específicos son:

- Comparar los efectos de dos sistemas de laboreo convencional (arado con bueyes) y reducida o mínima preparación del sitio de siembra en las siguientes propiedades físicas: densidad aparente, porosidad, estabilidad de agregados y retención de humedad.
- Determinar la influencia de los sistemas de labranza sobre el rendimiento de un cultivo de yuca.
- Explicar el comportamiento de las variables físicas teniendo en cuenta algunos indicadores químicos biológicos.
- Estudiar el efecto del uso de barrera de pasto vetiver *Vetiveria zizanioides* y pasto elefante *Pennisetum purpureum*; coberturas (mulch) y la utilización al tiempo de barreras+cobertura, en las propiedades físicas del suelo.

Materiales y métodos

Localización

El trabajo de campo se realizó al sur occidente de Colombia, norte del departamento del Cauca, municipio de Piendamó, entre las cordilleras Central y Occidental, a 2°56' Latitud Norte y 76°32' Longitud Oeste, en la vereda La Independencia.

Localizada a una altitud de 1.400 m.s.n.m., temperatura media anual de 19.3° C, con muy pocas variaciones en el año y una precipitación media anual de 1.950 mm de carácter bimodal, siendo marzo-abril y octubre-noviembre los meses más lluviosos y los meses secos los intervalos comprendidos entre junio-septiembre y diciembre-febrero.

Descripción del experimento

El lote experimental pertenece a la Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola (FIDAR) y desde el año 1996 se viene desarrollando un trabajo de transferencia de tecnología con agricultores del municipio de Piendamó; de esta manera se establecieron las parcelas demostrativas con diferentes sistemas de manejo. Cada sistema de manejo corresponde a cada uno de los tratamientos del ensayo.

Los sistemas de manejo implementados fueron:

- **Labranza convencional (Lc).** La fuerza de trabajo fue de tracción animal, la cual incluye un pase de arado de vertedera reversible a una profundidad de 25 cm.
- **Labranza convencional + barrera + cobertura (Lcbco):** Después de la labranza convencional se establecieron las barreras de pasto elefante *Pennisetum purpureum* y pasto vetiver *Vetiver zizanioides* cada 8 m (Figura 1), la cobertura se obtenía de las barreras que se cortaban cada cuatro meses, se picaban y se distribuían sobre la superficie del suelo.

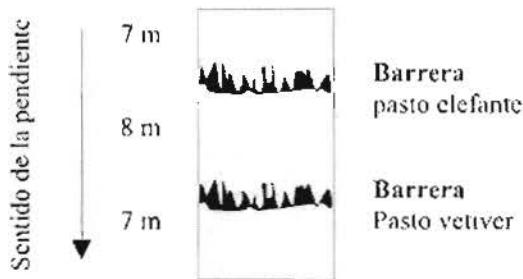


Figura 1. Distribución de las barreras en las parcelas experimentales.

- **Labranza convencional + barrera (Lcb):** Después de la labranza convencional se establecieron las barreras de pasto elefante y pasto vetiver.
- **Labranza mínima + cobertura (Lmco):** Para sembrar yuca se preparaban áreas de 20 x 20 x 20 cm, a una distancia de 1 m en cuadro; cada 4 meses se adicionaba la cobertura del corte de barreras de las parcelas vecinas.
- **Labranza convencional + cobertura (Lcco):** Cada cuatro meses se cortaban las barreras de las parcelas vecinas y se distribuían en la superficie del suelo.

Recolección de muestras de suelo

El área utilizada para la toma de muestras fue de 56 m² en cada parcela; para las variables textura, estabilidad de agregados y estructura (estabilidad estructural, índice de estabilidad estructural), se tomaron cinco submuestras al azar en cada parcela a 15 cm de profundidad, se mezcló el suelo en un balde para posteriormente obtener una muestra representativa de 600 gramos de suelo por parcela y se empacaron en bolsas plásticas para los análisis de laboratorio correspondientes, en la Universidad Nacional, Sede Palmira. Para la textura se usó el método hidrométrico de Bou-youcos descrito por Gavande (1979); para la estabilidad de agregados al agua se empleó el método de Yoder descrito por Malagón (1990) y para la estructura (índice-estabilidad estructural) con la fórmulas descritas por el mismo autor.

Para la determinación de densidad aparente se usó el método del cilindro descrito por López y López (1990), la porosidad total con la fórmula descrita por los mismos autores y retención de humedad (1/3 y 1/15 atmósferas) por el método de platos de presión descrito por González (1985); para estos tres últimos procedimientos se requieren muestras inalteradas y se utilizan cilindros o anillos metálicos, con los cuales se tomaron tres muestras completamente al azar en cada parcela a una profundidad de 0-15 cm.

El procedimiento para los análisis de las propiedades químicas fue el siguiente: Con el suelo de las bolsas plásticas no utilizado en los análisis físicos (textura, estabilidad y estructura) se realizaron los siguientes análisis: el método de espectrofotometría atómica para la determinación del calcio; el método Walkley-Black para el porcentaje de materia orgánica; Bray II para el fósforo y el potenciómetro para el pH, descritos por Carrillo (1999).

Los análisis de las variables biológicas (población microbiana) no fueron objeto del ensayo, los datos se obtuvieron del trabajo de pregrado realizado de manera paralela en los suelos de las parcelas experimentales por Mosquera (2000).

Recolección de muestras para determinar rendimiento

Para determinar la producción de yuca *Manihot esculenta* híbrido CG 402 11 se tomaron 15 plantas representativas por parcela y se pesaron sus raíces; el

rendimiento se expresó como peso en toneladas de yuca-raíz/ha. tomando como base una densidad de 10.000 plantas/ha.

Diseño experimental

El diseño experimental empleado fue de bloques completos al azar. A fin de minimizar el error experimental por efecto de la pendiente se tomaron las precauciones necesarias (muestreos en la parte baja de la parcela) para tratar las unidades experimentales dentro de un bloque lo más uniforme posible.

Después de establecidos los bloques (3), los tratamientos fueron asignados aleatoriamente dentro de cada bloque. Las dimensiones de las parcelas experimentales para cada uno de los tratamientos fueron de 7 metros de largo x 8 metros de ancho.

Se realizaron dos muestreos:

1. Julio de 1999, cinco meses antes de la cosecha de yuca.
2. Enero de 2000, un mes después de la cosecha de yuca.

Procesamiento y análisis de la información

Para valorar el comportamiento de los indicadores físicos del suelo se utilizaron las escalas calificativas de la **Tabla 1**.

Tabla 1. Escala calificativa de las propiedades físicas.

Propiedad física	Calificación
Estabilidad Estructural (E.E)	
< 10	Muy alta
10.1 - 20	Alta
20.1 - 40	Media
40.1 - 50	Baja
> 50.1	Muy baja
Índice de Estabilidad Estructural (I.E)	
Valores < 1	Predominan agregados Intermedios
Valores > 1	Predominan agregados > 2mm o predominan Agregados < 0.25 mm.
Densidad aparente (Andisoles)	
(rango normal)	0.5-0.9 Mg/m ³
Porosidad Total (Andisoles)	
(rango normal)	70%

La variable textura se usó como referente del origen mineralógico del suelo y predecir el posible comportamiento de las propiedades físicas.

Análisis estadístico

En el procesamiento de los datos se empleó el programa estadístico SAS (Versión Release 6.12), y se realizaron las siguientes pruebas: análisis de varianza (ANDEVA) a un nivel de significancia del 10 % para cada variable; el estadístico de prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% para la comparación entre los promedios de los tratamientos; grado de correlación de cada una de las variables evaluadas mediante el Análisis de Correlación de Pearson; prueba T student para determinar diferencias significativas por efecto de la época y Contrastes Ortogonales para comparar los tratamientos y cuantificar los efectos barreras, coberturas y labranza para cada variable.

Resultados y discusión

En términos generales los resultados muestran un predominio de las texturas medias representadas por los altos contenidos de arenas y limos en estos suelos (**Tabla 2**). Malagón (1995) menciona que este predominio en los Andisoles, grupo al que pertenecen estos suelos, se explica por el grado de alteración muy bajo y especialmente por los vidrios volcánicos de los que provienen.

Tabla 2. Análisis Textural de Inceptisol en diferentes sistemas de manejo

Textura	Lc	Lcbco	Lcb	Lmco	Loco
%Arena	41.0	35.0	34.3	37.6	40.3
%Arcilla	17.7	14.9	29.7	24.3	20.9
%Limo	41.3	50.0	36.0	38.0	38.7

Respuesta general del suelo

La estabilidad de agregados al agua, representada por la cantidad de agregados de diámetro mayor a 2 mm y menor a 0.25 mm; presenta un comportamiento que muestra altos porcentajes de agregados mayores a 2 mm (**Tabla 3**); según Malagón (1995) un porcentaje mayor al 81% en este tamaño de agregados le confiere gran estabilidad a los suelos, esta característica es explicable por la naturaleza alofánica de estos suelos; los altos contenidos de materia orgánica y calcio, que tienen un efecto agregante y permiten ofrecer unas condiciones óptimas para el desarrollo de los cultivos. La labranza mínima presentó el mayor porcentaje de agregados mayores a 2 mm, situación que puede deberse

Tabla 3. Indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo evaluados de 0-15 cm de profundidad

VARIABLE	TRATAMIENTO					Error estándar
	Lc	Lebo	Lcb	Lmco	Lcco	
<i>Estabilidad de agregados al agua</i>						
Partículas $\phi > 2\text{mm}$ (%)	69.02 bc	73.22bc	67.14 c	89.8 a	82.09 ab	12.54
Partículas $\phi < 0.25\text{mm}$ (%)	7.69 ab	8.51ab	10.02 a	2.88 c	4.66 bc	3.97
<i>Estructura del suelo</i>						
Estabilidad Estructural (%)	11.44 ab	12.04ab	13.78 a	4.19 c	6.56 bc	0.17
Indice Estabilidad Estructural	0.31 a	0.24ab	0.34 a	0.07 b	0.26 ab	5.21
<i>Densidad aparente (Mg/m³)</i>						
	0.71 a	0.66a	0.65 a	0.68 a	0.70 a	0.061
<i>Porosidad total (%)</i>						
	68.69 a	71.47a	71.27 a	71.28 a	69.25 a	2.93
<i>Capacidad retención humedad (%)</i>						
1/3 bar	55.67 a	62.39a	61.53 a	60.41 a	57.04 a	5.065
15 bar	42.22 b	56.91a	44.13 b	50.5 ab	50.07 ab	6.56
<i>Población microbiana (UFC x 10⁵ /10g suelo seco al aire)</i>						
Bacterias	5700ab	5487 abc	4837a	4367c	6145bc	735.90
Hongos	3.3 a	3.57a	2.83 a	3.66a	3.20a	1.23
Actinomicetos	0.58 a	0.67a	0.46 a	0.81a	0.73a	0.27
<i>Propiedades químicas</i>						
pH	6.8 a	6.93a	6.93 a	6.8a	6.73a	0.08
% Materia orgánica	11.93 a	12.17a	11.53 a	13.63 a	13.06 a	0.85
P (ppm)	4.33ab	3.33b	2.67b	5.66a	3.66ab	1.14
Ca (meq/100 g suelo)	9.76 a	9.4a	9.13 a	9.66a	9.16a	1.34

a,b,c; promedios con letras distintas, en la misma línea, difieren significativamente ($P < 0.05$)

a la poca disturbación del suelo al momento de la siembra, sumada a la acción de los factores antes mencionados.

La estructura depende principalmente de la ordenación de las partículas primarias e incluye el estado poroso, por tanto, una buena estructura indica buena calidad del espacio poroso; en el ensayo se presentó un efecto de los tratamientos en esta característica, siendo la labranza mínima la que mejor preservó la estabilidad estructural del suelo, después de cuatro años de manejo; este resultado permite evidenciar el efecto significativo que podrían tener los sistemas de labranza sobre las características del suelo. Se evidenció el efecto del proceso degradativo en la labranza convencional; debido al aumento de los agregados pequeños, ocasionado seguramente por la desagregación de las

partículas grandes, producto de la disturbación del suelo con el arado de vertedera. La labranza mínima presenta los valores más bajos para esta variable, que indican una mayor estabilidad y resistencia a los agentes erosivos.

En términos generales, la densidad aparente de estos suelos es baja; favorable para el desarrollo radical y pensar en reducirla más podría afectar la retención de humedad y nutrientes. La relación existente entre la estructura y la densidad aparente prevé que al disturbar los agregados por acciones naturales o antrópicas necesariamente va a incidir en la densidad aparente, sin embargo el tiempo utilizado para la evaluación no permitió observar cambios significativos debido a los sistemas de labranza. En la Lc y Lcco existe una tendencia

a la disminución de los valores con el tiempo, lo cual puede deberse a la disturbación del suelo por efecto de la adecuación para el siguiente cultivo.

La porosidad total no presentó efectos por tratamientos; los valores son altos, pero dentro de un rango óptimo por tratarse de suelos con altos contenidos de materia orgánica; ésta característica ocasiona un arreglo estructural que permite mayor cantidad de espacios porosos.

La capacidad de retención de humedad a 1/3 bar no presentó cambios debido a los diferentes manejos, los porcentajes de humedad a esta presión mayores al 50 % son aceptables para el desarrollo adecuado de los cultivos, aunque hay un efecto perceptible en el tratamiento Lcbco, por causa de la barrera y la cobertura, que actúan como retenedores de humedad. La retención de humedad a 15 bares evidencia efecto debido a los tratamientos, el cual, según los análisis de contrastes ortogonales, implica que las barreras y coberturas influyen en el porcentaje de retención con relación a los otros tratamientos; por su parte, los diferentes sistemas de labranza no mostraron efectos significativos para esta variable.

Producción de Yuca

Al comparar los datos de producción de yuca *Manihot esculenta*, se observan efectos significativos debido a los tratamientos. Los mayores valores corresponden a la Lcco y Lcbco, lo que nos permite observar un efecto positivo ocasionado por la adición de coberturas en el cultivo, caso contrario a lo que ocurre por la acción de la barrera sola.

Los rendimientos obtenidos en los tratamientos Lmco, Lcco y Lcbco (Tabla 4) se pueden clasificar de medios a altos, en relación con los obtenidos en suelos de la zona por Muller- Samann, Castillo y Ruppental (1994) con producciones de 31.1 t/ha y una densidad de 10.000 pl./ha en un cultivo de yuca intercalado con leguminosas.

El uso de barreras y coberturas con la labranza convencional permite obtener rendimientos similares a los obtenidos con la labranza mínima, esto podría significar que al estar cubierto el suelo, hay menor lavado de nutrientes, las condiciones estructurales del suelo se preservan, favoreciendo en últimas el desarrollo radical y por ende la producción del cultivo y la

Tabla 4. Producción de raíces de yuca (t/ha)

Tratamiento	Producción
Lc	27 bc
Lcbco	32 a
Lcb	24 c
Lmco	31 ba
Lcco	35 a

Promedios con letras distintas difieren significativamente ($P < 0.05$)

sostenibilidad del sistema.

Conclusiones

Las labores de labranza tienen un efecto sobre las variables relacionadas con la estructura, estabilidad estructural y tamaño de agregados; los indicadores físicos como densidad aparente, porosidad y capacidad de retención de humedad no presentan un efecto apreciable.

La producción de yuca *Manihot esculenta* no muestra efectos significativos por los diferentes métodos de laboreo del suelo, aún así, las barreras y coberturas ejercen influencia sobre los rendimientos.

Independientemente del tipo de labranza utilizado, el uso de coberturas y barreras en suelos de ladera muestran un incipiente efecto en los valores de densidad aparente y porosidad, contrario a lo que ocurre con las otras variables físicas.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, por el apoyo brindado al proyecto de investigación y a la colaboración prestada en el Laboratorio de Suelos y Aguas.

Bibliografía

- Carrillo F. 1999. Guía para el Servicio Regional de Análisis de Suelos. Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFE). Caldas. 95 p.
- Gavande S. 1979. Física de Suelos. Editorial Limusa-Wiley. S.A. México. 351 p.
- González A. 1985. Suelos Agrícolas: Notas de laboratorio. 2ª Edición. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 177 p.
- Hayes W.A. 1982. Minimum tillage farming. No-till farmer Inc. Estados Unidos. pp 11-167.
- Herrera P., Amézquita, E., Guerrero, L., Restrepo, L. 1991. Efecto de la labranza en algunas propiedades

- físicas de un suelo andino. En: Suelos Ecuatoriales. (21). pp 68-75.
- López Ritas J., López Mélida J. 1990. El diagnóstico de suelos y plantas. 4º Ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 363 p.
- Malagón D. 1990. Propiedades físicas de suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Bogotá. 343 p.
- Malagón D. 1995. Suelos de Colombia: Origen, Evolución, Clasificación, Distribución y uso. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) Bogotá. 632 p.
- Muller-Samann K.; Castillo, J.A.; Ruppenthal, M. 1994. Prácticas de conservación de suelos en sistemas de producción de yuca en ladera. En: Revista Suelos Ecuatoriales (24). pp 97-118.
- Mosquera A. 2000. Estimación de la actividad biológica de un andisol en diferentes sistemas de labranza y manejo en la zona norte del departamento del Cauca. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 120 p.