

## **EFEECTO DE CINCO SISTEMAS DE LABRANZA, EN LA EROSIÓN DE UN SUELO VITRIC HAPLUSTAND, BAJO CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)**

### **EFFECT OF FIVE TILLAGE SYSTEMS ON SOIL EROSION OF A HAPLUSTAND VITRIC SOIL SOWN WITH POTATO (*Solanum tuberosum* L.)**

Brian Pablo Cadena<sup>1</sup>, David Egas B.<sup>1</sup>, Hugo Ruiz E.<sup>2</sup>, Jairo Mosquera G.<sup>3</sup>, Orlando Benavides<sup>4</sup>

Fecha de recepción: Enero 19 de 2012

Fecha de aceptación: Mayo 26 de 2012

#### **RESUMEN**

La erosión del suelo y la pérdida de atributos tanto físicos como químicos, influyen en la inestabilidad del recurso suelo en zonas de ladera. El estudio tuvo como objetivo evaluar el movimiento del suelo y los cambios en algunas de sus propiedades físicas, utilizando cinco sistemas de labranza (LC; labranza convencional a favor de la pendiente, LCC; labranza convencional en curvas a nivel, LB; labranza convencional con bueyes en curvas a nivel, LBR; labranza con bueyes reducida en curvas a nivel y LG; labranza guachado) en un cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) Los tratamientos se evaluaron utilizando un modelo factorial 4x2+1 en bloques completamente al azar con tres repeticiones. El movimiento del suelo se determinó por medio de un microrelievímetro. Los resultados mostraron que LG, LB y LBR con valores promedios de 6,27 cm, 5,88 cm y 5,87 cm respectivamente fueron los tratamientos que menor remoción de suelo mostraron. No se encontró efecto del sistema de labranza sobre la estabilidad de agregados, cuyo DMP < 2mm fluctuó entre 1,68 mm y 1,44 mm para LC y LBR respectivamente, correspondiendo a valores moderadamente estables. La penetrabilidad no cambió con el sistema de labranza que varió para los valores registrados de 4,34 Mpa y 10% de humedad en una pradera al utilizar las labranzas LG 1,47 Mpa y LBR 1,49 Mpa con humedad del 6%. La época si presentó efecto sobre la penetrabilidad que aumentó en la medida en que lo hizo la profundidad en todos los sistemas de labranza, antes y después de la preparación con mayor evidencia en el guachado.

**Palabras clave:** Microrelievímetro, Ladera, suelo andisol, propiedades físicas, labranza.

<sup>1</sup> Ingenieros Agrónomos. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. [bcbrianhades@gmail.com](mailto:bcbrianhades@gmail.com), [godmanayer@hotmail.com](mailto:godmanayer@hotmail.com).

<sup>2</sup> Profesor Asistente I.A Ph.D. Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. [hugoruizeraso@yahoo.es](mailto:hugoruizeraso@yahoo.es).

<sup>3</sup> Profesor Catedrático I.A M.Sc. Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. [jahemos45@yahoo.com](mailto:jahemos45@yahoo.com).

<sup>4</sup> Profesor Asistente I.A M.Sc. Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. [orlando.benavides2@gmail.com](mailto:orlando.benavides2@gmail.com).

## ABSTRACT

Soil erosion and loss of physical and chemical attributes have influence on the instability of soil resource in hillside areas. This research project was conducted in the experimental farm Botana, University of Nariño, located at 2870 masl, with the purpose of evaluating the effect of five tillage systems on the loss of soil and the changes of some physical and chemical properties. The tillage systems were: LC, conventional tillage for slope; LCC, conventional tillage along contour lines; LB, conventional tillage with oxen, along contour lines; LBR, reduced tillage with oxen along contour lines and LG, guachado tillage. Tillage systems were used as treatments in a complete randomized block design with three replications; soil movement was determined by the microrelievemeter. Results showed that systems LG, LB and LBR with average values of 6,27 cm, 5,88 cm and 5,87 cm, respectively, were lower regarding to soil removal; respect to aggregate stability, WMD values ranked from 1,68 mm and 1,44 mm for LC and LBR systems, respectively, corresponding to a moderately stable ranking. Finally, it was observed that penetrability ranked from extreme values of 4,34 Mpa and 10% moisture, in meadowlands to low values of 1,49 Mpa for LBR and 1,47 Mpa for LG with 6% of moisture, in the time after harvest; with the other systems no significant changes were observed. The season had effect on penetrability that increased with soli depth before and after tillage in conventional system, with more evidence in guachado system.

**Key words:** Microreliefmeter, hillside, andic soil, physical properties, tillage.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, uno de los factores de importancia en las temáticas que abordan la conservación de los recursos naturales a nivel nacional como mundial, es la pérdida por erosión del recurso suelo y específicamente su capa arable o productiva. Se estima que cerca del 80% de los suelos con uso agrícola en el mundo presentan erosión moderada a severa y 10% erosión ligera a moderada (Lal y Stewart, 1995). El 40% del territorio colombiano presenta erosión de muy ligera a muy severa y la zona andina es la más afectada con 88% del área por erosión hídrica (Olmos y Montenegro, 1987). Según Ruiz (2009), éste factor agravante adquiere mayor importancia cuando dicha degradación de suelos se origina en suelos de ladera y más aun en suelos Andepts, los cuales debido a su naturaleza cronológica joven presentan una alta fragilidad estructural. En el

caso de Colombia, son muchos los errores que se cometen en el sector agropecuario, por uso inadecuado de las metodologías de labranza, generando erosión y detrimento de las propiedades físicas y químicas del suelo. De acuerdo a lo mencionado por Rivera (2003), al arar y rastrillar el suelo, se le pulveriza totalmente, acabando de esta forma la estructura natural favorable del suelo, y en ocasiones, la arada que se efectúa es tan profunda e intensiva que se erosiona la capa productiva del suelo, dejando en superficie el segundo horizonte pobre en fertilidad y condiciones físicas. A veces, no se tiene en cuenta la condición de humedad del suelo, realizando prácticas agrícolas de nivelación, laboreo y trafico de maquinaria pesada en condiciones de humedad alta del mismo, conduciéndolo a la compactación donde se destruye totalmente su estructura natural, dejándolos expuestos a la erosión. Según Florez (1985), el 100% de los suelos dedicados a la

explotación agropecuaria en Nariño se encuentran en proceso acelerado de degradación por erosión y alteración de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, el proceso se agrava debido al conflicto persistente de tecnologías no apropiadas para los suelos presentes en ésta región. Teniendo en cuenta la problemática anterior se hace necesario estudiar este fenómeno ya que en Nariño existen sectores en donde la producción agropecuaria ha decrecido como consecuencia en gran parte por la degradación del suelo.

Existen muchas evidencias de que el uso de la labranza tiende paulatinamente a aumentar el desplazamiento, la densidad y la compactación de los suelos. La labranza convencional implica una o dos operaciones de arada, dos o tres rastrilladas y el uso posterior de maquinaria para pulir y nivelar el suelo (Montenegro y Malagón, 1990). La labranza reducida es otro sistema de laboreo en el que se disminuye el número de pasos de maquinaria agrícola, su objetivo principal es disminuir costos de producción y reducir el apisonamiento del terreno (Florez, 1985). El sistema de labranza guachado viene del quechua wachay que significa campo de cultivo formado con cespedones cortados y doblados para formar gauchos, es una práctica precolombina que hace énfasis en la reducción de labranza y cobertura del suelo (Yepez, 2002).

Dentro de los cultivos establecidos en zonas de ladera, la papa es la actividad agrícola más sobresaliente en la zona fría de los Andes Colombianos; se estima un área sembrada de 180000 ha, donde el departamento de Nariño participa con el 15%, alrededor de 28000 ha. El 90% de la producción comercial de papa se realiza en terrenos de ladera y el 10% en suelos planos mecanizables, los rendimientos se encuentran alrededor de 18 t.ha<sup>-1</sup> (CEVIPAPA, 2005). En dichos suelos la labranza debe ir encaminada a mejorar algunas características estructurales del suelo, sin embargo en los cultivos de papa

en Nariño se observa lo contrario por el efecto del laboreo excesivo y el mal manejo de los implementos de labranza. Respecto a esto Gavan de (1987) afirma que el efecto benéfico de la labranza depende del implemento utilizado y de la intensidad de su uso. Por otro lado Amézquita (1996), afirma que el microrelievímetro es un implemento para evaluar pérdidas de suelo por erosión en campos cultivados, lo cual ayuda a solucionar el problema de no contar con herramientas que demuestren dicha problemática a corto plazo y de forma sencilla. Principalmente el microrelievímetro es un aparato que permite mediante evaluaciones sucesivas (mensuales, semestrales etc.) medir los cambios en la microtopografía del terreno y relacionarlos como movimiento o desplazamiento de suelo en el periodo considerado. Este aparato consta de: marco rígido, paraleles laterales fijo y deslizable, nivel de construcción, juego de varillas y tornillos mariposa para ajuste (Descanse y Diaz 2005). Con el contexto anterior y basados en la problemática de erosión y pérdida de productividad se desarrolló la presente investigación con el objetivo de medir cambios en la erosión, propiedades físicas en un suelo vitric haplustand bajo cinco sistemas de labranza en un cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en un suelo de ladera.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el altiplano de Pasto, en la granja experimental Botana, municipio de Pasto, departamento de Nariño, Colombia. Su temperatura promedio es de 13°C, precipitación media anual es de 837 mm, humedad relativa del 75%, altura de 2820 msnm, clasificación de Bosque Seco montano bajo según la clasificación de Holdrige y área con suelo Vitric haplustand. En la Tab.1, se muestra el análisis químico del suelo en estudio donde se puede ver que dicho suelo posee una fertilidad química media con valores altos de Ca y Mg.

**Tabla 1.** Resultados del Análisis químico del suelo en estudio en la granja experimental Botana.

VARIABLE	VALOR	CALIFICACIÓN
pH	5,57	Moderadamente ácido
MO	5,21 (%)	Medio
P disp	22,93 (mg. Kg-1)	Medio
CIC	18,36 (cmol.Kg-1)	Medio
Ca	10,96 (cmol.Kg-1)	Alto
Mg	3,22 (cmol.Kg-1)	Alto
K	0,24 (cmol.Kg-1)	Medio
Al	0,14 (cmol.Kg-1)	Bajo
S	13,26 (mg. Kg-1)	Medio

**Área experimental.** El área total del ensayo fue de 8695 m<sup>2</sup> donde se marcaron 15 parcelas de 552 m<sup>2</sup>, la separación entre parcelas fue de 1 m y pendiente vertical promedio del 25%, determinada mediante cotas de altura tomadas con altímetro.

**Análisis estadístico y diseño experimental.** Teniendo en cuenta la pendiente y el gradiente de fertilidad del terreno se seleccionó un diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. El desplazamiento del suelo se analizó mediante un diseño de bloques al azar con 5 sistemas de labranza; mientras que para analizar las propiedades físicas se tuvieron en cuenta otros factores de variación como 2 profundidades y 2 épocas para un arreglo factorial cuyas fuentes de variación se describen como sigue:

### Sistemas de labranza

1. Labranza Convencional Mecanizada. 2 pases de arado de cincel + 2 pases de rastrillo de discos
2. Labranza Convencional Mecanizada. 2 pases de arado de cincel + 2 pases de rastrillo de discos en curvas de nivel
3. Labranza Convencional con bueyes. 2 pases de arado de Vertedera + 2 pases de rastrillo en curvas de nivel

4. Labranza Reducida con bueyes. 2 pases de arado de Vertedera + 1 pase de rastrillo en curvas de nivel
5. Guachado en curvas de nivel

**Profundidad.** Los muestreos para análisis químico y físico se realizaron a dos profundidades de 0-10 cm y 10-30 cm.

**Época.** Para el análisis físico y químico se realizó en dos etapas antes de preparar el terreno y después de la cosecha.

**Variables evaluadas.** Las variables físicas y químicas evaluadas a dos profundidades (0-10 cm y 10-30 cm), se describen en tablas 3 y 4 junto con la metodología utilizada.

**Tabla 3.** Variables físicas y método para determinación

Variables físicas evaluadas		
Variables		Métodos
Densidad aparente (g/cc)		Volúmen conocido
Densidad real (g/cc)		Picnómetro
Conductividad hidráulica (cm/h)		Cilindros metálicos
Infiltración (mm/h)		Anillos infiltrómetros
Estabilidad de agregados		Yoder (1936)
Distribución de poros	Macroporos (%)	Mesa de tensión
	Mesoporos (%)	Membrana de presión
	Microporos (%)	Membrana de presión
Porosidad total (%)		Cálculo Forsythe
Penetrabilidad (Mpa)		Penetrógrafo de pistón
Erosión (cm)		Microrelievímetro, Amezquita(1996)

**Tabla 4.** Valores para clasificar la resistencia a la penetración.

Resistencia a la penetración	Valor (MPa)
NINGUNA	0 - 1,5
LEVE	1,5 - 2,5
MEDIA	2,5 - 3,5
ALTA	3,5 - 4,5
EXTREMA	>4,5

Montenegro, 1990

**Muestreo para las variables físicas del suelo.** Los muestreos para análisis químico y físico se realizaron a dos profundidades de 0-10 cm y 10-30 cm. Para el análisis físico y químico se realizó en dos etapas antes de preparar el terreno y después de la cosecha, para las lecturas con el microrelievimetro se tomaron cuatro épocas que fueron: antes de la siembra, después de la siembra, después del aporque y después de la cosecha. En las parcelas de estudio por cada tratamiento, se tomaron 9 medidas (3 en el tercio superior, 3 en el tercio medio y 3 en el tercio inferior de la pendiente), cada sistema de labranza y a la vez garantizaron que el terreno fuera muestreado en los diferentes niveles de pendiente marcando un área específica en la cual se determinó el desplazamiento de suelo promedio por área.

**Muestreo del desplazamiento del suelo con microrelievimetro.** En cada punto asignado para la medición se ubicó 2 estacas fi-

jas (50 cm) durante todo el transcurso del ciclo de mediciones como guías; teniendo en cuenta que sobresalga por lo menos 10 cm encima de la superficie del suelo cada estaca. Sobre estas estacas se ubicaron tanto la pata fija como la deslizable del microrelievimetro teniendo en cuenta que la pata deslizable del implemento quede aguas abajo. Con el objeto de dejar un área circunscrita en cada zona de lectura se realizaron 3 lecturas en cada punto marcado para el microrelievimetro, las estacas se distanciaron a un metro horizontal entre puntos de evaluación, con esto se formaron áreas de lectura tomando como referencia los tres puntos georeferenciados equidistantes a un metro, lo que permitió realizar el análisis de erosión por área.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Desplazamiento del suelo** Las Tab. 5 y 6 muestran el análisis de varianza y las medias de los resultados obtenidos para el variable desplazamiento del suelo, que indica diferencias estadísticas significativas entre sistemas de labranza. La labranza convencional (LC) y labranza convencional en curvas de nivel (LCC), presentaron valores promedio de 6,36 cm y 6,34 cm respectivamente, dándose el mayor desplazamiento como lo muestra Duncan, frente a los otros sistemas de labranza con bueyes

**Tabla 5.** Análisis de varianza para el desplazamiento del suelo por los sistemas de labranza medido con el microrelievimetro.

F, Variación	S.C	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,51	6	0,42	2,11	0,0748 ns
Bloque	0,29	2	0,15	0,74	0,4853 ns
Si labranza	2,22	4	0,55	2,80	0,0396 *
Error	7,54	38	0,20		

\* Significativo &lt;0,05; ns. No significativo &gt;0,05

**Tabla 6.** Valores promedios de desplazamiento del suelo en cm

Sistema de labranza	Desplazamiento del suelo (cm)
L.Convencional	6,36 A
L.Convencional en curvas de nivel	6,34 A
L. Guchado	6,27 A B
L. Convencional con bueyes	5,88 B
L. Reducida con bueyes	5,87 B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Igualmente para los tratamientos labranza guachado (LG), labranza convencional con bueyes (LB) y labranza con bueyes reducida (LBR) se obtuvieron valores de 6,27 cm, 5,88 cm y 5,87 cm respectivamente, lo que nos indica que hubo una menor remoción de suelo por área en estos tratamientos en comparación a los dos tratamientos anteriormente mencionados, debido En la Fig.1, se puede observar y cuantificar el movimiento de suelo para cada tratamiento y época.

Rodríguez (1984), afirma que la pérdida de suelo evaluada en un tiempo menor a cinco años no presenta diferencias significativas entre sistemas de labranza. Por otro, lado varios estudios como el realizado por Mc Gregor (1975) confirman que una labranza mínima reduce la erosión del suelo hasta un grado mínimo, al observar en un suelo vulnerable de Missisipi una reducción de la erosión de 17,5 ton.ha<sup>-1</sup> a 1,8 ton/ha bajo un régimen sin laboreo.

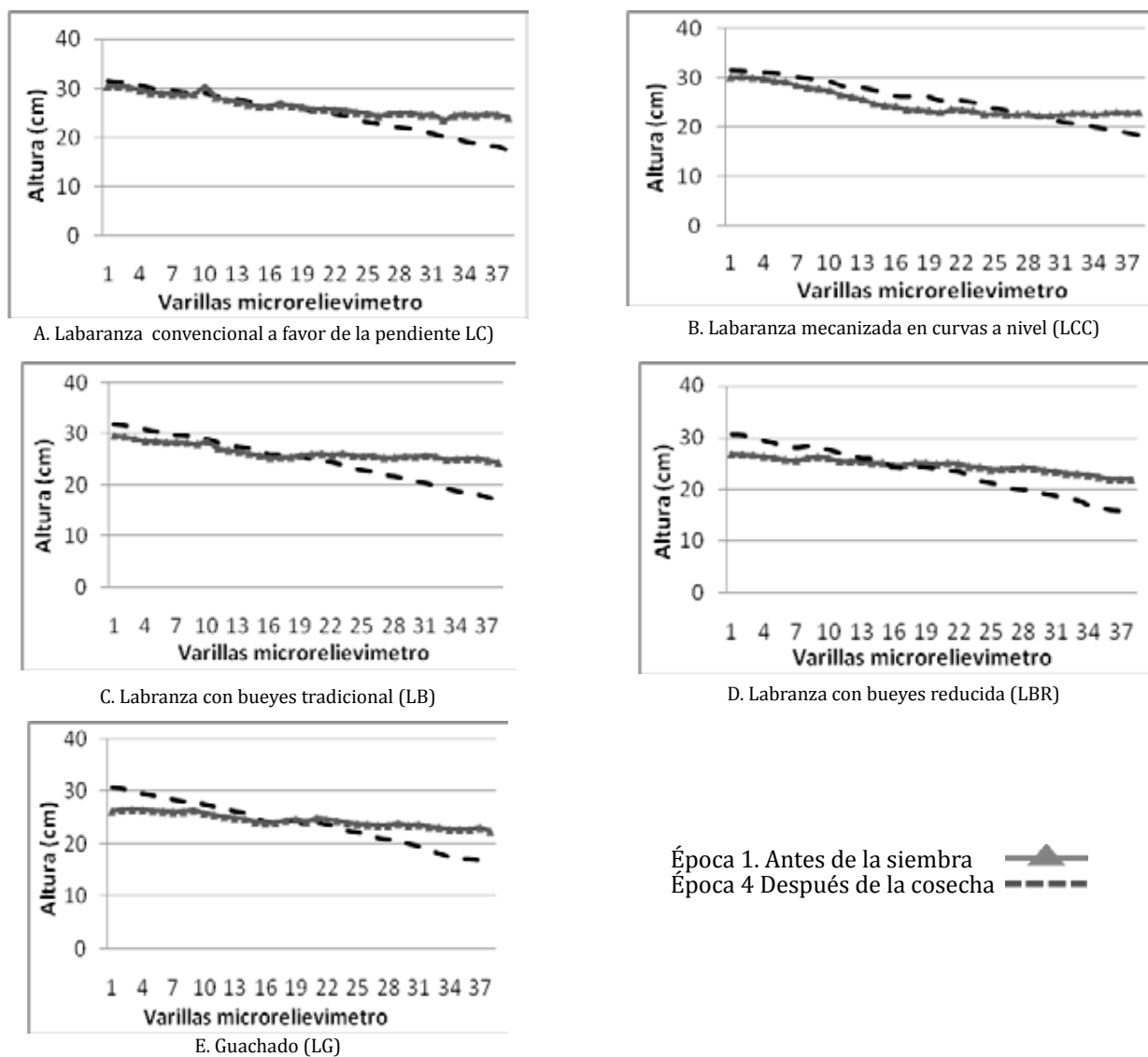
Del mismo modo CORPOICA (2002), referencia cifras de pérdida de suelo de 54 y 32 kg.ha<sup>-1</sup> entre la primera y segunda siembra de papa y la labranza convencional de 131 y 155 kg.ha<sup>-1</sup> respectivamente. También CENICAFE (1982),

reporta pérdidas de suelo de 172 t.ha<sup>-1</sup> en un cultivo de papa con labranza convencional. Igualmente, Las pérdidas de suelo por erosión son mayores a medida que el sistema de cultivo es más intensivo, caso del algodón, donde las pérdidas de suelo por erosión son de 26,6 t.ha<sup>-1</sup>, muy altas si se comparan con la selva (0,004 t.ha<sup>-1</sup>) y con cafetales (0,9 t.ha<sup>-1</sup>). También con el uso del azadón se pierden en promedio 0,15 a 4,3 cm/ha/año de espesor del suelo (presumiendo una densidad aparente del suelo de 1kg/dm<sup>3</sup>), pérdida irrecuperable y que convierte estos recursos en no renovables e insostenibles para las generaciones presentes y futuras (CENICAFE, 1982).

Lo anterior demuestra la influencia de los sistemas de labranza en la erosión y erodabilidad de suelos con contenidos medios a altos de materia orgánica 5%, estabilidad de agregados moderada 1,59 mm y baja densidad aparente 0,5 – 1,1 g/cm<sup>3</sup> condiciones que disminuyen el riesgo de escorrentía y aumentando el grado de penetración radicular.

En ese sentido la alta sensibilidad que posee el microrelievímetro al detectar los cambios mínimos en el relieve, con lo cual se corrobora lo expuesto por Amézquita (1996) cuando argumenta que el microrelievímetro permite mediante evaluaciones sucesivas medir los cambios en la microtopografía del terreno y relacionarlos como movimiento de suelo presentado en el periodo considerado por el estudio.

**Propiedades físicas:** En la Tab.7 se observa que no se presentaron diferencias a ningún nivel de probabilidad estadística e los distintos factores de variación estudiados como estabilidad, macro, meso y microporos del suelo.



**Figura 1.** Efecto de la labranza sobre los cambios del relieve del suelo, bajo un cultivo de papa, en un suelo vitric haplustand, A (LC), B (LCC), C (LB), D (LBR) y E (LG).

**Tabla 7.** Cuadrados Medios para estabilidad de agregados < 2mm y distribución de poros (%). Por labranza, profundidad y época

F.V.	Gl	Estabilidad	Microporos	Macroporos	Mesoporos
Modelo	11	0,13 <sup>ns</sup>	5,83 <sup>ns</sup>	73,46 <sup>ns</sup>	38,39 <sup>ns</sup>
Labranza	4	0,02 <sup>ns</sup>	1,86 <sup>ns</sup>	13,84 <sup>ns</sup>	7,09 <sup>ns</sup>
Bloque	2	0,57*	6,31 <sup>ns</sup>	120,17 <sup>ns</sup>	71,92 <sup>ns</sup>
Profundidad	1	0,02 <sup>ns</sup>	22,25 <sup>ns</sup>	251,55 <sup>ns</sup>	124,19 <sup>ns</sup>
Época	1	0,01 <sup>ns</sup>	14,13 <sup>ns</sup>	144,14 <sup>ns</sup>	67,57 <sup>ns</sup>
Labranza*época	3	0,07 <sup>ns</sup>	2,49 <sup>ns</sup>	38,9 <sup>ns</sup>	23,09 <sup>ns</sup>
Error	48	0,05	6,09	67,81	38,06
Total	59	C.V. 14,05	C.V. 16,85	C.V. 11,89	C.V. 38,39

\*. Significativo P Valor <0,05; ns. No significativo >0,05

**Estabilidad de agregados:** El análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas significativas en ningún sistema de labranza, ni profundidad ni época ni cualquier interacción entre las variables.

En la Tab.8 se observa los valores de DMP (<2mm) donde el promedio de estabilidad de agregados para el primer muestreo fue de 1,56 mm lo que permite según Montenegro (1990) clasificar a estos suelos como moderadamente estables, lo cual concuerda con lo expuesto por Legarda (1998), quien afirma que los suelos de Nariño poseen un buen índice de estabilidad de agregados ofreciendo condiciones estructurales aceptables que facilitan la preparación agrícola de dichos suelos.

Para el segundo muestreo después de la cosecha, los valores promedios de estabilidad de agregados < 2mm oscilaron entre 1,44 mm para el tratamiento (LC) y 1,68 mm para el tratamiento (LBR), por lo tanto estos valores no presentaron diferencias significativas entre sistemas de labranza, épocas, profundidades ni sus respectivas interacciones, debido a que estos suelos no fueron sometidos a labranza intensiva en un lapso de tiempo prolongado, los valores promedios reportaron disminución del 0,3% de el DMP < 2mm después de la cosecha. Lo anterior se confirma de acuerdo a lo expuesto por Rodríguez (1984), en donde menciona que los implementos de labranza producen degradación de la estabilidad estructural del suelo solo si el número de operaciones de labranza son altas y continuas durante un considerable periodo de tiempo (5 años o más). Además, la infiltración y la permeabilidad están íntimamente relacionadas con la estabilidad de los agregados del suelo. Los suelos bien estructurados, con tamaño apropiado de agregados, alto espacio poroso y buena cantidad de materia orgánica, tienen alta velocidad de infiltración y las unidades

estructurales no son fácilmente alteradas por los implementos de labranza (Herrera, 1989).

**Tabla 8.** Valores promedios para estabilidad de agregados antes de la siembra y después de cosecha por sistema de labranza.

Sistema de Labranza	Época	Medias estabilidad (mm)
LReducida con Bueyes	Después	1,68 A
L Convencional Bueyes	Antes	1,67 A
L Convencional Curvas	Después	1,61 A
L Convencional Bueyes	Después	1,59 A
L. Convencional	Antes	1,59 A
L Guachado	Antes	1,57 A
L Guachado	Después	1,55 A
L Convencional curvas	Antes	1,52 A
L Reducida Bueyes	Antes	1,46 A
L Convencional	Después	1,44 A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

**Distribución de poros.** En general la porosidad total varió entre 45,6% y 49,2% observándose un leve aumento del 7,5 %. El análisis estadístico no mostró diferencias significativas, para todas las variables de macroporosidad, mesoporosidad y microporosidad. En Tab. 9 se aprecia los valores promedios de distribución de poros en donde la macroporosidad registra valores promedios que oscilaron entre 31,85 a 37,22%, en la prueba de Tukey para la interacción labranza\*época, se puede apreciar un leve aumento en los valores de macroporosidad en un 2,5%. Según Amézquita (1990), reporta que el porcentaje ideal de poros es del 12%, catalogando los valores de este estudio como altamente aireados.

En éste sentido la macroporosidad no es fácilmente alterada por la preparación del suelo, debido a la densidad del suelo de la zona 0,95



g/cm<sup>3</sup>, su alto contenido de materia orgánica que está en un promedio del 5%, la estructura y su estabilidad, según lo menciona Gavande (1987) el laboreo no altera fácilmente un suelo con estas características.

En ese sentido en la mesoporosidad se registraron valores promedios de 6,20 a 10,20%, en el análisis de varianza y la prueba de Tukey no se encontraron diferencias para ningún factor de variación de mesoporos. Estos pueden incidir en la retención de agua, aireación y exploración de la raíz en el suelo (Andrade, 2000). Con respecto a lo anterior el suelo de dicho estudio se encuentra lejos del ideal según Amezcuita (1996) que es del 35% en un suelo arcilloso debido al uso inadecuado de herramientas para labrar dicho suelo a través de un extenso lapso de tiempo. Igualmente Martínez (2005), al evaluar tres sistemas de labranza en un periodo de seis años en suelo franco arcilloso bajo cultivo de maíz, al cabo del segundo año registró dismi-

nución en el porcentaje de mesoporos, lo cual indica una generación de suelos de baja permeabilidad, baja capacidad de infiltración y con drenaje interno lento. La microporosidad tiende a comportarse similarmente a la mesoporosidad, con valores promedios de 6,57 a 7,93%. En la prueba de Tukey en la interacción labranza\*época, se puede ver una leve tendencia en la disminución de la cantidad de microporos en un 0,62%. Los valores registrados se acercan al valor ideal reportado por Amezcuita (2000), que deberían estar próximos al 5%. En la (Tab.9), se observa los valores promedios de distribución de poros para las épocas antes de la preparación del terreno y después de la cosecha. Así mismo, Rodríguez (1998) en los resultados de la investigación en los altos llanos de Monagas sobre los efectos de la labranza en las propiedades físicas y químicas del suelo en el rendimiento del maíz encontró que la macroporosidad y microporosidad no fueron afectadas por el efecto de la labranza.

**Tabla 9.** Valores promedios para distribución de poros antes de preparar el terreno y después de cosecha

Sistema de labranza	Época	Medias Macroporos %	Tratamiento	Época	Medias Mesoporos %	Tratamiento	Época	Medias Microporos %
LabranzaBueyes	Después	37,22A	LBR	Antes	10,2A	LB	Antes	7,93A
LabranzaReducidabuey	Después	36,22A	LB	Antes	9,42A	LBR	Antes	7,92A
LConvencional curvas	Después	35,75A	LG	Antes	8,55A	LG	Antes	7,87A
LConvencional	Después	35,18A	LCC	Antes	8,07A	LCC	Antes	7,42A
LConvencional	Antes	34,88A	LG	Después	8,01A	LG	Después	7,40A
LGuachado	Después	34,58A	LC	Antes	7,89A	LC	Antes	7,23A
LConvencionalCurvas	Antes	34,50A	LC	Después	7,58A	LC	Después	7,26A
LGuachado	Antes	33,58A	LCC	Después	7,42A	LCC	Después	6,82A
LBueyes	Antes	32,68A	LBR	Después	6,96A	LBR	Después	6,81A
LReducidaBueyes	Antes	31,85A	LB	Después	6,20A	LB	Después	6,57A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

**Penetrabilidad:** En la Tab.10 se presenta los resultados del Andeva donde se observa diferencias estadísticas significativas para la época,

ca, en la interacción de sistema de labranza y época, y época por profundidad.

**Tabla 10.** Análisis de varianza para los valores de penetrabilidad.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-VALOR
<b>Modelo</b>	876,47	41	21,38	26,12	<0,0001 *
<b>S.Labranza</b>	3,85	4	0,96	1,18	0,3207 ns
<b>Bloque</b>	1,62	2	0,81	0,99	0,3725 ns
<b>Época</b>	490,17	1	490,17	598,81	<0,0001*
<b>Profundidad</b>	325,01	3	108,34	132,35	<0,0001*
<b>S. Labranza*Época</b>	11,39	4	2,85	3,48	0,0085*
<b>Época*Profundidad</b>	28,56	3	9,52	11,63	<0,0001*
<b>Error</b>	260,31	318	0,82		
<b>Total</b>	1136,78	359	CM	F	P-VALOR
<b>C.V. 30.70</b>					

\* Significativo <0,05 ns. No significativo >0,05

En la Tab. 11 se encuentran valores que oscilaron entre 3,95 y 4,34 Mpa hasta los 5 cm de profundidad con un 10% de humedad gravimétrica, los cuales clasifican a estos suelos con una alta resistencia a la penetrabilidad (Tab.3a), según Montenegro (1990), probablemente en un semestre no se presentaron cambios evidentes en propiedades físicas relacionadas con esta variable tales como la densidad aparente, la estabilidad estructural entre otras. Lo anterior es corroborado por la afirmación de Álvarez (1975), quien sostiene que en la investigación sobre la existencia de altos valores de penetrabilidad en los suelos de botana como consecuencia a la textura franco arcillosa que predomina en la zona.

La interacción Sistema de labranza\*época, apreciándose con la prueba de Tukey que los tratamientos (LG) y (LBR) fueron los que presentaron menor resistencia a la penetración con valores de 1,47 y 1,49 Mpa respectivamente a una profundidad de 10 a 20 cm y

humedad gravimétrica del 5%, en comparación con los demás tratamientos que presentan valores promedios de 1,9 a 2,1 Mpa a una profundidad de 10 a 20 cm y una humedad gravimétrica del 5%.

El registro anterior posiblemente se debe al grado de disturbación del suelo en donde aquellos tratamientos que requieren mayores pases de arado tienden a presentar en el tiempo mayores valores de penetrabilidad debido a la compactación del suelo a mediano plazo.

La Tab.11 muestra los valores promedios de penetrabilidad donde se puede ver el cambio de la fuerza de penetración que resiste el suelo, que pasa de 4,34 Mpa con profundidad de 5 cm y humedad gravimétrica del 10% en una pradera de 7 años, a una resistencia a la penetración de 1,47 a 2,1 Mpa a profundidad de 12 a 15 cm y humedad gravimétrica del 5% en general después de labrar el suelo con cada sistema de labranza.

**Tabla 11.** Valores promedios para penetrabilidad (Mpa)

Sistema de Labranza	Época	Medias*	Humedad gravimétrica %*
LReducida Bueyes	Antes	4,34 A	10,00A
LConvencional	Antes	4,18 A	9,34A
LGuachado	Antes	4,12 A	9,21A
LC bueyes	Antes	4,01 A	9,20A
LCCurvas de ivel	Antes	3,95 A	9,20A
LCBueyes	Después	2,10 A	6,30A
LCovencional	Después	1,96 A	6,20A
LCCurvas	Después	1,90 A	5,00A
LReducida bueyes	Después	1,49 B	5,00A
LGuachado	Después	1,47 B	5,00A

\*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Así mismo Ingaramo *et al.* (2003) encontraron que al evaluar la densidad aparente y la penetrabilidad sobre dos sistemas de labranza (convencional y reducida) en un cultivo de maíz durante un año, no encontraron diferencias estadísticas significativas, sin embargo manifiestan que existe clara tendencia de encontrar mayores valores en los métodos de labranza convencional a diferencia de los tratamientos con menor laboreo.

Comparando los resultados obtenidos en la (Tab.11), se puede observar que los valores de penetrabilidad de 4,3 Mpa con profundidad de 5 cm y humedad gravimétrica promedio del 10% presentes en un suelo bajo pradera (Fig.2A), al implementar las labranzas (LBR) y (LG) posteriormente a la cosecha cambiaron a valores de resistencia a la penetración de 1,49 y 1,47 Mpa con profundidad de 12 a 15 cm y humedad gravimétrica del 5% (Fig. 2E y 2F) respectivamente siendo estos los tratamientos que menor resistencia a la penetración presentaron.

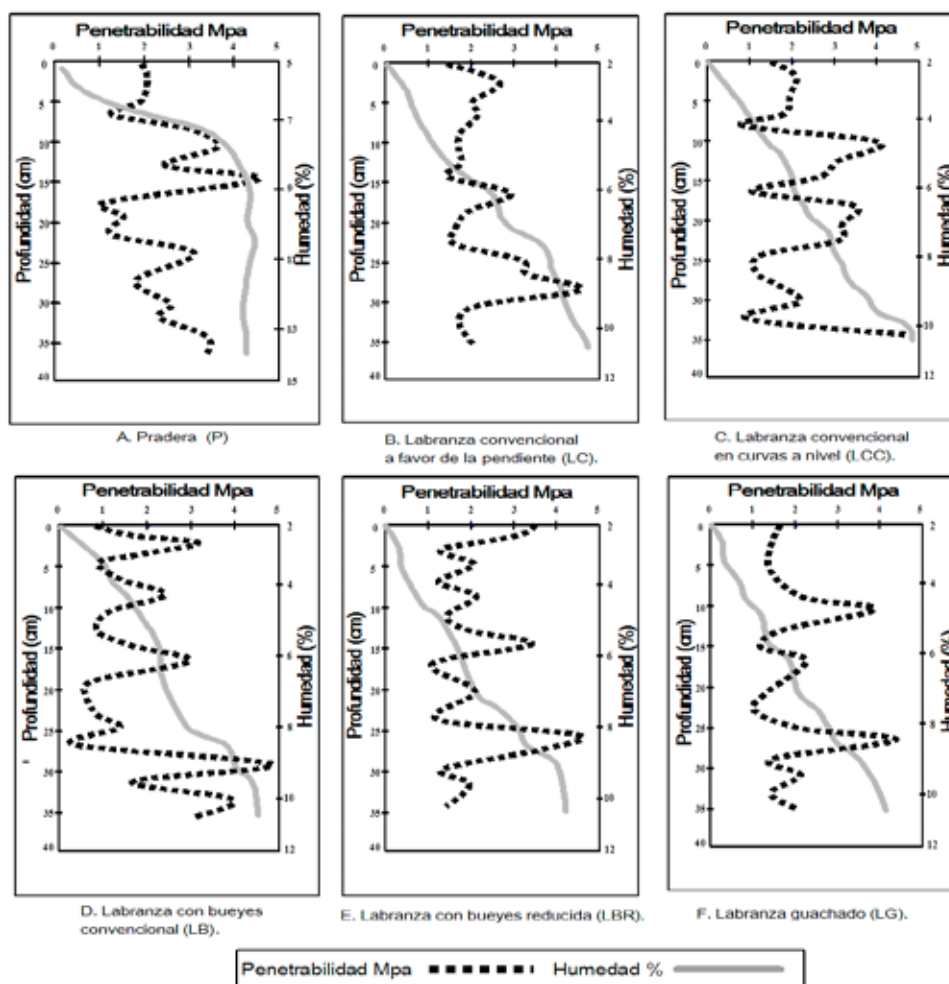
También, el análisis de varianza indica diferencias estadísticas significativas en la inte-

racción época\*profundidad, donde la prueba de Tukey muestra la mayor resistencia antes de la preparación del terreno entre 10 a 20 cm de profundidad con 4,93 Mpa, mientras que la menor resistencia se encuentra después de la cosecha en la profundidad de 0 a 5 cm con 0,52 Mpa, así mismo se puede observar que antes de la preparación del terreno de 0 a 5 cm de profundidad con resistencia a la penetración de 2,59 Mpa es similar a después de la cosecha en la profundidad de 10 a 20 cm con 2,08 Mpa.

Esto demuestra el efecto que produce la labranza en la capacidad de resistir la penetración en un suelo, indicando que los cambios son evidentes al disturbar un suelo establecido como pradera por un lapso de siete años, aumentando la capacidad de penetración de las raíces de 5 cm hasta 20 cm. En general, el efecto de la labranza sobre algunas propiedades físicas de un suelo a corto plazo son mínimas, como lo menciona Flórez (1985). En la Fig.2 se puede observar el cambio de la resistencia a la penetración de una pradera (antes de preparar el terreno) Fig. 2A, al utilizar los diferentes sistemas de labranza (después de cosecha) fig 2B, 2C, 2D, 2E y 2F.

Mediante un análisis de regresión se encontró efecto de la profundidad sobre la penetrabilidad bajo condiciones similares de humedad antes de la preparación, después de la preparación del terreno, en todos los sistemas de labranza con mayor efecto en el guachado.

Lo anterior se debe a que en la medida en que aumenta la profundidad las capas subyacentes del suelo reciben la fuerza del peso de las capas superficiales reduciendo su volumen e incrementando la densidad y la resistencia a la penetración, igual que por la reducción del contenido de materia orgánica con la profundidad y la menor estructuración del suelo, en condiciones naturales.



**Figura 2.** Penetrabilidad del suelo bajo diferentes sistemas de labranza, en un cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L), Pasto, Colombia, A (P), B (LC), C (LCC), D (LB), E (LBR) y F (LG).

## CONCLUSIONES

La mayor remoción de suelo lo presentaron las labranzas convencional y labranza convencional en curvas a nivel.

Las propiedades físicas como estabilidad, macro, meso y micro porosidad no fueron alteradas significativamente durante el tiempo de la investigación.

Las labranzas guachado y labranza con bueyes reducida, redujeron la penetrabilidad después de la cosecha.

Se encontró que en la medida en que aumenta la profundidad del suelo se incrementa la

penetrabilidad bajo condiciones similares de humedad antes y después de la preparación en todos los sistemas de labranza.

## BIBLIOGRAFÍA

ALVAREZ, A. 1975. Evaluación de un sistema de drenaje a nivel parcelario en el municipio de Pasto, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 80 p.

AMEZQUITA, E. 2000. Diseño, construcción y uso de un microrelievimetro para evaluar la dinámica de la erosión en áreas de ladera. Boletín informativo 2000. p. 13-20.

- AMEZQUITA, E. 1996. Diseño y Construcción de un Microrelievimetro para Evaluar la Dinámica de la Erosión en zonas de Ladera. CIAT, Cali, Colombia. 10 p.
- ANDRADE, C. 2000. Pesquisador Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG, Brasil, 122p.
- CENICAFE. 1982. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA (FEDERACAFE). CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE CHINCHINA (Colombia). Cuarenta años de investigación de CENICAFE. Suelos vol 1. Chinchiná (Colombia).74 p.
- CEVIPAPA. 2005. Anuario estadístico 2010. En línea. [www.cevipapa.org](http://www.cevipapa.org)
- CORPOICA.2002. En línea: <http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Publicaciones>
- DESCANCE, M., DIAZ, D. 2005 Tesis ingeniería agronómica. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias agrícolas. Pasto, Nariño. p.37.
- FLOREZ, A. 1985. Mecanización del cultivo de papa en ladera, Revista ICA, Vol 20. (Octubre-Diciembre) 1985. 271p.
- FORSYTHE, W. 1980. Física de suelos. Manual de laboratorio. IICA. San José Costa Rica. p. 10-211.
- GAVANDE, S. 1987. Física de suelos, principios y aplicaciones. México. Limusa-wiley. 345 p.
- HERRERA, P. 1989. Efecto sobre labranza en algunas propiedades físicas de suelo. Bogotá. 1989. p. 55-58.
- INGARAMO, O., PAZ, A. y DUGO, M. 2003. Evaluación de la densidad aparente en los diferentes sistemas de laboreos del suelo en el NO de la península ibérica. Inga Univerisdad Nacional Del Nordeste, comunicaciones científicas y tecnológicas. España. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt/2003/comunicaciones/05-Agrarias/A-032.pdf>. 1p; Consulta: 15 de Agosto de 2011.
- LAL, R.; STEWART, B., A. 1995. Soil management, Experimental Basis for Sustainability and Environmental Quality. CRC Press, Inc. 555p.
- LEGARDA, L. 1998. Las propiedades físicas y la productividad del suelo. En: Curso sobre diagnóstico, fertilidad e interpretación de análisis de suelos. Pasto. Colombia. SCCS, 81-90 p.
- MARTINEZ, J. 2005. Efecto de los sistemas de labranza sobre algunas propiedades hidrofísicas en un endoaquept del sistema de producción maíz – algodón en el Valle medio del Sinú – Colombia. Corpoica. <http://www.corpoica.org.co/EnproductoGr/xmlInfo.do?nro id grupo=206512RD97JV7&seq. 2 p>.
- MC, GREGOR. K.C. 1975. Erosión control with no-till cropping practices. p. 45-50.
- MONTENEGRO, G. y MALAGÓN, D. 1990. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá. Colombia. IGAC 1990. p. 22-28.
- OLMOS, E. y MONTENEGRO, H. 1987. Inventario de los problemas de la erosión y degradación de los suelos de Colombia. En: Resúmenes del Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo, 4 y Coloquio “La degradación de los suelos en Colombia”, Neiva (Colombia), 18-21 de agosto de 1987, Sociedad Colombiana de la Ciencia Suelo. p.23.
- RIVERA, J. 2003. La labranza de los suelos en el trópico: ¿Necesidad o costumbre? En: Curso Nacional. Hacia un nuevo enfoque de producción y manejo de los recursos forrajeros tropicales en la empresa ganadera. CORPOICA. Ecorregión Andina. Octubre 2 y 3 de 2003
- RODRÍGUEZ, M. 1984. Influencia de la reducción de operaciones de labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo, erosión y escorrentía. Tesis M.Sc. Bogotá. Universidad Nacional, programa de estudios para graduados de Ciencias Agrícolas. p. 15-20.
- RODRIGUEZ, M. 1998. Efecto de la labranza sobre las propiedades físicas y químicas del suelo y el rendimiento de maíz en los llanos altos del estado Monagas, Agron. Trop. 48 (2). p. 157-174.
- RUIZ, H. 2009. Sistemas de labranza en suelos de ladera, como alternativa de reducción de la erosión y el mejoramiento de la productividad del cultivo de papa. Proyecto de
- YEPEZ, B. 2002. Siembra de papa en guachado. En: Plegable divulgativo No.7, CORPOICA, Pasto-Colombia. p. 1-6.
- YODER, R. E., 1936. A direct method of aggregate analysis of soil and a study of the physical nature of erosion losses. J. Am. Soc. Agron. 28: 291-294.