

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

BRIAN PABLO CADENA

DAVID STEVEN EGAS

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS

PROGRAMA INGENIERIA AGRONOMICA

SAN JUAN DE PASTO

2012

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

BRIAN PABLO CADENA

DAVID STEVEN EGAS

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de

Ingeniero Agrónomo

Director de Trabajo

HUGO RUIZ ERASO I.A., Ph.D

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS

PROGRAMA INGENIERIA AGRONOMICA

SAN JUAN DE PASTO

2012

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son responsabilidad exclusiva de los autores”

Artículo 1° del Acuerdo n° 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACIÓN

ORLANDO BENAVIDES. I.A. M.Sc .

Jurado delegado

JAIRO MOSQUERA. I.A. M.Sc,

Jurado

HUGO RUIZ ERASO I.A., Ph.D

Presidente

San Juan de Pasto, Febrero, 2012

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	7
METODOLOGÍA.....	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
Conclusiones.....	22
Bibliografía.....	22
ANEXOS	25

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

EFFECT OF TILLAGE SYSTEMS FIVE IN A SOIL EROSION HAPLUSTAND VITRIC UNDER A POTATO CROP (*Solanum tuberosum* L)

Brian Pablo Cadena¹, David Egas Benavides¹, Hugo Ruiz Eraso.², Jairo Mosquera Guerrero³, Orlando Benavides⁴.

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, debido a 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) ubicado en la granja experimental Botana a 2870 m.s.n.m. 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. Respecto a la estabilidad de agregados el DMP < 2mm fluctuó entre 1.68 mm y 1.44 mm para LC y LBR respectivamente, correspondiendo a valores moderadamente estables. Finalmente se observó que la penetrabilidad varió entre extrema para los valores registrados de 4.34 Mpa y 10% de humedad en una pradera a baja al utilizar las labranzas LG 1.47 Mpa y LBR 1.49 Mpa con humedad del 6% para la época después de cosecha, no observándose cambios significativos en las otras labranzas.

Palabras clave: Microrelievímetro, Ladera, penetrabilidad, propiedades físicas, labranza.

* Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Agrónomo 2010. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto- Colombia.

¹Estudiantes Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto - Colombia. Email: bcbrianhades@gmail.com, godmanayer@hotmail.com.

²Profesor Asistente I.A M.Sc Ph.D. Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad de Nariño. Pasto-Colombia. Email: hugoruizeraso@yahoo.es.

³Profesor Asistente I.A Esp M.Sc. Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad de Nariño. Pasto-Colombia. Email: jahemos45@yahoo.com.

⁴Profesor Asistente I.A M.Sc. Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad de Nariño. Pasto-Colombia. Email: orlando.benavides2@gmail.com.

ABSTRACT

Soil erosion and loss of physical and chemical attributes, influence the instability of soil resources in hillside areas. These research project was conducted with the aim of evaluating the loss and changes in some soil physical and chemical properties, due to five tillage systems. (LC; conventional tillage for the slope, LCC, conventional tillage along contour lines, LB, conventional tillage with oxen on level curves, LBR, Tillage with oxen reduced along contour lines and LG; tillage guachado) in a potato crop (*Solanum tuberosum* L) on the experimental farm Botana located at 2870 m.s.n.m. Treatments were evaluated using a factorial model 4x2+1 in completely randomized blocks desing with three replicates. Soil movement was determined by the microrelievímetro. Results showed that LG, LB and LBR with average values of 6.27 cm, 5.88 cm and 5.87 cm respectively, were the treatments showed lower soil removal. Regarding stable attached, WMD values ranged from 1.68 mm and 1.44 mm for LC and LBR, respectively, corresponding to moderately stable values. Finally it was observed that penetrability ranged from extreme values with 4.34 Mpa and 10% humidity in meadow to low values for LBR 1.49 Mpa and LG 1.47 Mpa with 6% humidity in the time after harvest, no significant changes in other tillages.

Key words: Microreliefmeter, hillside, penetrability, 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 ó productiva. Se estima que cerca del 80% de la tierra agrícola en el mundo sufre 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 tráfico 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/o 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 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 180.000 ha, donde el departamento de Nariño participa con el 15%, alrededor de 28.000 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 (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 Gavande (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 microrelievimetro 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.

METODOLOGÍA

Localización. La 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 (ver tabla 1), humedad relativa del 75%, altura de 2820 m.s.n.m, clasificación de bosque seco montano bajo según la clasificación de Holdrige y área con suelo Vitric haplustand. En el cuadro No 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.

El cuadro 1, Análisis químico del suelo en estudio en la granja experimental botana.

PARAMETRO	VALOR	CONTENIDO
pH	5.57	Moderadamente ácido
MO	5.21%,	Medio
P disp	22.93 ppm,	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 ppm	Medio

Fuente esta investigación

Tabla 1. Registro de la precipitación mensual en los meses de octubre de 2010 a mayo de 2011 en la granja experimental Botana municipio de Pasto Nariño.

MES	PRECIPITACIÓN (mm)
OCTUBRE	159.13
NOVIEMBRE	104
DICIEMBRE	61.6
ENERO	117.2
FEBRERO	101.3
MARZO	137.1
ABRIL	137.04
MAYO	132.5

Fuente esta investigación

Área experimental. El área total del ensayo fue de 8695 m² donde se marcaron 15 parcelas de 551.7 m², la separación entre parcelas fue de 1 m y pendiente vertical promedia del 25%, determinada mediante cotas de altura tomadas con altímetro.

Tratamientos. En el cuadro No 2, se puede ver la descripción de los tratamientos utilizados en el ensayo.

Cuadro 2, Descripción de los tratamientos utilizados.

Tratamientos	Labranza	Nivelación	Dos pases de arado de cincel	Dos pases de rastrillo	Guachado	Siembra
1	Convencional mecanizada en dirección de la pendiente (LC).		X	X		X
2	Convencional mecanizada (en curvas de nivel) (LCC).	X	X	X		X
3	Convencional con bueyes (en curvas de nivel) (LB)	X	X	X		X
4	Con bueyes reducida (en curvas de nivel). (LBR)	X	X			X
5	Guachado (en curvas de nivel) (LG)	X			X	X

Fuente esta investigación.

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

Cuadro 3. Variables físicas.

Variables físicas		Valores promedio		
Variables	Métodos	Antes de siembra (Pradera)	Después de cosecha	
Densidad aparente (g/cc)	Volumen conocido	1.14	1.15	
Densidad real (g/cc)	Picnómetro	2.38	2.39	
Conductividad hidráulica (cm/h)	Cilindros metálicos	5.94	6.04	
Infiltración (mm/h)	Anillos infiltrómetros	13.24	12.9	
Estabilidad de agregados	Yoder (1936)	1.56	1.56	
Distribución de poros	Macroporos (%)	Mesa de tensión	34.64	34.61
	Mesoporos (%)	Membrana de presión	8.03	8.05
	Microporos (%)	Membrana de presión	7.31	7.33
Porosidad total (%)	Calculo Forsythe	49.06	49.19	
Penetrabilidad (Mpa)	Penetrografo de pistón	3.1	2.8	
Erosion (cm)	Microrelievimetro amezquita (1990)	0	6.14	

Cuadro 4. Variables químicas.

Variables químicas		Valores promedio	
Variables	Métodos	Antes de siembra (Pradera)	Después de cosecha
pH	Potenciómetro, con agua relación (1:2)	5.26	5.28
Materia orgánica (MO, %)	Walkley y black (colorimétrico)	5.30	5.13
Fosforo disponible (mg/kg)	Bray II y Kurtz	23.19	25.2
Bases cambiables (Ca,Mg,K) (cmol.Kg-1)	Acetato de Amonio (NH ₄ OAc 1N pH7.0)	(12.13: 3.56: 0.20)	(10.96:3.20:0.25)
Azufre disponible (mg/kg)	(Ca(H ₂ PO ₄) ₂ .H ₂ O) 0.008M	10.16	12.32
Capacidad de intercambio (cmol.Kg-1)	CH ₃ COONH ₄ 1N pH7	17.25	18.28

Ver anexo: Resultados propiedades químicas y otras propiedades físicas.

Muestreo Análisis físico y químico

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), que fueron las repeticiones en el tratamiento 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 microrelievímetro

En cada punto asignado para la medición se ubicó 2 estacas fijas (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 microrelievímetro 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 microrelievímetro, 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.

Análisis estadístico y diseño experimental

La investigación se trabajó en un arreglo de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Se evaluó el cambio en las propiedades físicas y químicas por época entre tratamientos, además del desplazamiento promedio de suelo por área de cada tratamiento. El arreglo se analizó con ayuda de un factorial $4 \times 2 + 1$ donde se conforma por: cuatro sistemas de labranza, dos profundidades y un sistema de guachado. Para cada una de las variables estudiadas se realizó el respectivo análisis de varianza haciendo uso del paquete estadístico Infostat. Para aquellas variables que presentaron diferencias estadísticas significativas se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Microrelievímetro: Los resultados obtenidos mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Para los tratamientos labranza convencional (LC) y labranza convencional en curvas a nivel (LCC), se obtuvieron valores promedio de 6.36 cm y 6.34 cm respectivamente, los cuales se expresan como desplazamiento del suelo con respecto al movimiento de varillas en la modificación del relieve en un área de 9 m^2 .

Cuadro 5. ANDEVA para los tratamientos con microrelievímetro.

F.V.	S.C	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.51	6	0.42	2.11	0.0748
Bloque	0.29	2	0.15	0.74	0.4853
Tratamiento	2.22	4	0.55	2.80	0.0396
Error	7.54	38	0.20		
Total	10.05	44			
C.V. 7.25					

*. Significativo <0.05

ns. No significativo >0.05

Fuente esta investigación.

Cuadro 6. Valores promedios de desplazamiento del suelo con respecto a la variación del movimiento de varillas en la modificación del relieve (cm) de altura por área de 9 m².

Tratamiento	Valor promedio
LC	6.36 A
LCC	6.34 A
LG	6.27 A
LB	5.88 A
LBR	5.87 A

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

Fuente esta investigación.

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 pérdida de suelo por área en estos tratamientos en comparación a los dos tratamientos anteriormente mencionados, debido En la figura 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 tratamientos. 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 a 1.8 ton/ha bajo un régimen sin laboreo.

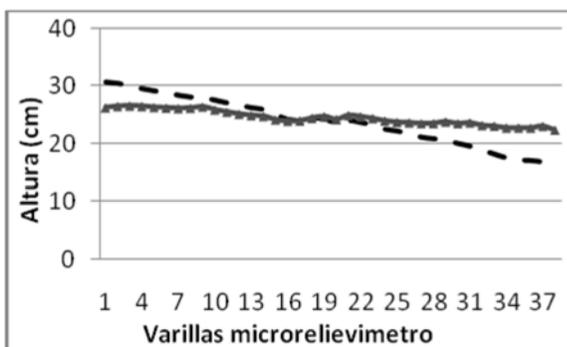
Del mismo modo CORPOICA (2002), referencia cifras de pérdida de suelo de 54 y 32 kg/ha entre la primera y segunda siembra de papa y la labranza convencional de 131 y 155 kg/ha respectivamente. También Sheng citado por CENICAFE (1982), reporta perdidas de

suelo de 172 t/ha en un cultivo de papa con labranza convencional, lo cual nos indica una menor pérdida de suelo al comparar estos sistemas de labranza.

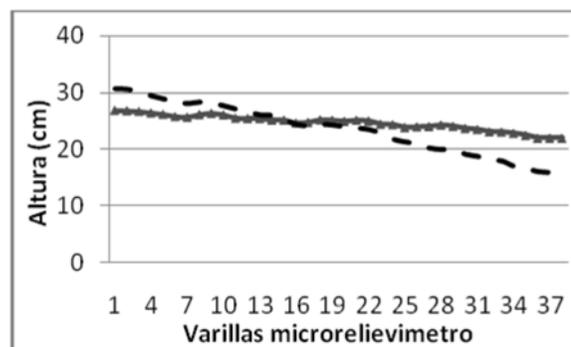
Así mismo, Las pérdidas de suelo por erosión son mayores a medida que el sistema de cultivo es más intensivo, caso del algodón, donde las pérdidas de suelo por erosión son de 26,6 t/ha, muy altas si se comparan con la selva (0,004 t/ha) y con cafetales (0,9 t/ha). También con el uso del azadón se pierden en promedio 0,15 a 4,3 cm/ha/año de espesor del suelo (presumiendo una densidad aparente del suelo de 1g/cm³), 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 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/cc condiciones que disminuyen el riesgo de escorrentía y aumentando el grado de penetración radicular.

Lo anterior indica la alta sensibilidad que posee el microrelievímetro al detectar los cambios mínimos en el relieve, con lo cual se corrobora lo expuesto por Améquita (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.



A. Labranza convencional a favor de la pendiente (LC)



B. Labranza mecanizada en curvas a nivel (LCC)

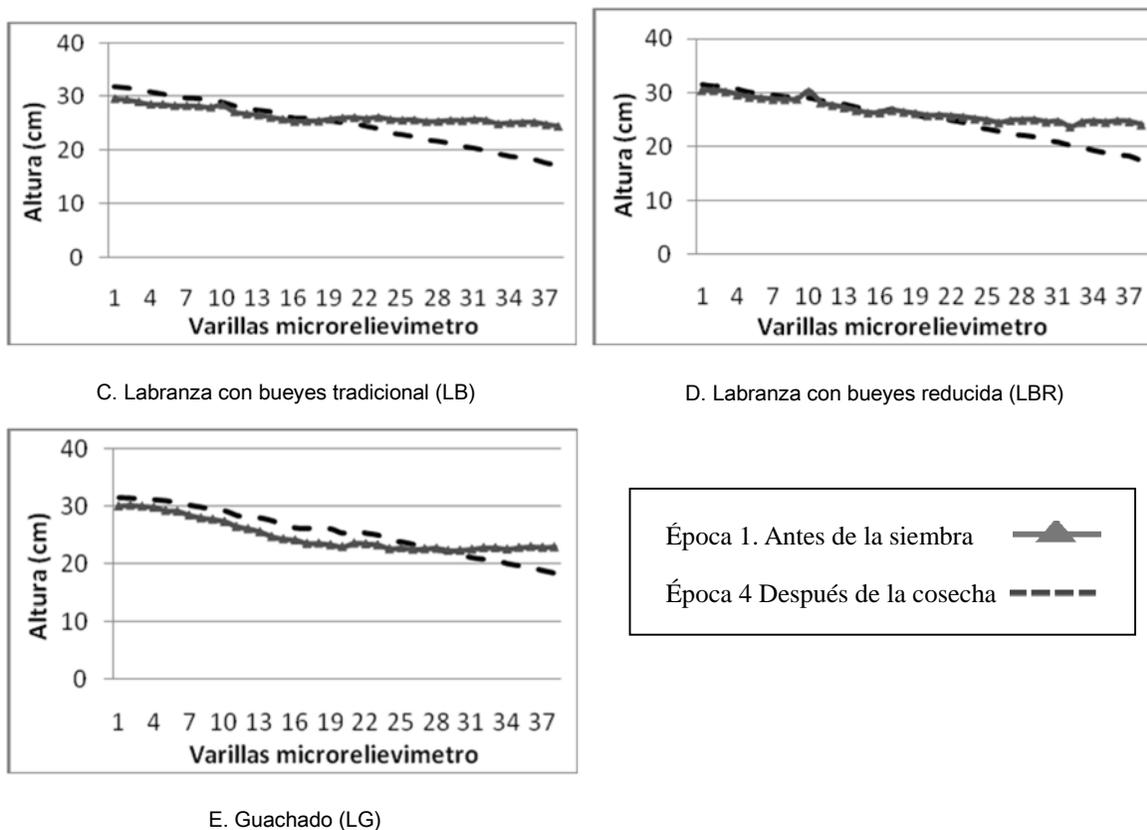


Figura 1. Efecto de la labranza sobre los cambios del relieve del suelo, bajo un cultivo de papa, en un suelo vitric haplustand, A (LC), B (LCC), C (LB), D (LBR) y E (LG).

Fuente esta investigación.

Propiedades físicas: En el cuadro 7 se observa el análisis de varianza para algunas propiedades físicas del suelo.

Cuadro 7. ANDEVA para estabilidad de agregados < 2mm y distribución de poros (%).

F.V.	Gl	Estabilidad	Microporos	Macroporos	Mesoporos
modelo	11	0.13 ^{ns}	5.83 ^{ns}	73.46 ^{ns}	38.39 ^{ns}
labranza	4	0.02 ^{ns}	1.86 ^{ns}	13.84 ^{ns}	7.09 ^{ns}
bloque	2	0.57*	6.31 ^{ns}	120.17 ^{ns}	71.92 ^{ns}
profundidad	1	0.02 ^{ns}	22.25 ^{ns}	251.55 ^{ns}	124.19 ^{ns}
época	1	0.01 ^{ns}	14.13 ^{ns}	144.14 ^{ns}	67.57 ^{ns}
labra*época	3	0.07 ^{ns}	2.49 ^{ns}	38.9 ^{ns}	23.09 ^{ns}
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 <0.05

ns. No significativo >0.05

Fuente esta investigación.

Estabilidad de agregados: El análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas significativas en ningún tratamiento, profundidad, época y cualquier interacción entre las variables. En el cuadro 8 se puede observar 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 tratamientos, 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 continúa 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 buena velocidad de infiltración y las unidades estructurales no son fácilmente alteradas por los implementos de labranza (Herrera, 1989).

Cuadro 8. Valores promedios para estabilidad de agregados antes de la siembra y después de cosecha.

Tratamiento	Época	Medias estabilidad
LBR	Después	1.68 A
LB	Antes	1.67 A
LCC	Después	1.61 A
LB	Después	1.59 A
LC	Antes	1.59 A
LG	Antes	1.57 A
LG	Después	1.55 A
LCC	Antes	1.52 A
LBR	Antes	1.46 A
LC	Después	1.44 A

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

Fuente esta investigación.

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 estadísticas significativas, para todas las variables de macroporosidad, mesoporosidad y microporosidad. En el cuadro 9 se puede apreciar 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^3 , 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 la prueba de tukey para la interacción labranza*época, se puede observar una leve tendencia de disminución del porcentaje de mesoporos en un 2.2%, incidiendo de forma negativa 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 Amézquita (1990) 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 6 años en suelo franco arcilloso bajo cultivo de maíz, al cabo del segundo año registró disminución en el porcentaje de mesoporos, lo cual indica una generación de suelos de baja permeabilidad, baja capacidad de infiltración y con drenaje interno lento. Para 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 Amézquita (1990), que deberían estar próximos al 5%. En el

cuadro No 9 se puede ver los valores promedios de distribución de poros para las épocas antes de la preparación del terreno y después de la cosecha. Así mismo, Martín, 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.

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

Tratamiento	Epoca	Medias macroporos %	Tratamiento	Epoca	Medias mesoporos %	Tratamiento	Epoca	Medias microporos %
LB	Después	37.22 A	LBR	Antes	10.2 A	LB	Antes	7.93 A
LBR	Después	36.22 A	LB	Antes	9.42 A	LBR	Antes	7.92 A
LCC	Después	35.75 A	LG	Antes	8.55 A	LG	Antes	7.87 A
LC	Después	35.18 A	LCC	Antes	8.07 A	LCC	Antes	7.42 A
LC	Antes	34.88 A	LG	Después	8.01 A	LG	Después	7.40 A
LG	Después	34.58 A	LC	Antes	7.89 A	LC	Antes	7.23 A
LCC	Antes	34.50 A	LC	Después	7.58 A	LC	Después	7.26 A
LG	Antes	33.58 A	LCC	Después	7.42 A	LCC	Después	6.82 A
LB	Antes	32.68 A	LBR	Después	6.96 A	LBR	Después	6.81 A
LBR	Antes	31.85 A	LB	Después	6.20 A	LB	Después	6.57 A

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

Fuente esta investigación.

Penetrabilidad: En el cuadro 10 se presentan los resultados del andeva donde se observa que para la época antes de la siembra no hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, obteniendo 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, según Montenegro (1990) ver tabla 2. Probablemente en un semestre no se presentaron cambios evidentes en propiedades físicas relacionadas como la densidad aparente, la estabilidad estructural entre otras.

Tabla 2. Valores para clasificar la resistencia a la penetración.

RESISTENCIA	VALOR
NINGUNA	0 – 1.5 Mpa
LEVE	1.5 – 2.5 Mpa
MEDIA	2.5 – 3.5 Mpa
ALTA	3.5 – 4.5 Mpa
EXTREMA	>4.5 Mpa

Montenegro 1990

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.

Cuadro 10. ANDEVA para penetrabilidad.

F.V.	SC	gl	CM	F	P-VALOR
Modelo	876.47	41	21.38	26.12	<0.0001
Tratamiento	3.85	4	0.96	1.18	0.3207
Bloque	1.62	2	0.81	0.99	0.3725
Época	490.17	1	490.17	598.81	<0.0001
Profundidad	325.01	3	108.34	132.35	<0.0001
Tratamiento*Época	11.39	4	2.85	3.48	0.0085
Época*Profundidad	28.56	3	9.52	11.63	<0.0001
Error	260.31	318	0.82		
Total	1136.78	359	CM	F	P-VALOR
C.V. 30.70					

*. Significativo <0.05

ns. No significativo >0.05

Fuente esta investigación.

Para la época después de la siembra se encontraron diferencias estadísticas significativas en la interacción tratamiento*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 12 a 15 cm y humedad gravimétrica del 5%, en comparación con los demás tratamientos que presentan valores promedios de 1,9 a 2,1 Mpa una profundidad de 12 a 15 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.

En el cuadro 11 se aprecia 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.

Cuadro 11. Valores promedios para penetrabilidad (Mpa).

Tratamiento	Época	Medias	Humedad gravimétrica %
LBR	Antes	4.34 A	10.00A
LC	Antes	4.18 A	9.34A
LG	Antes	4.12 A	9.21A
LB	Antes	4.01 A	9.20A
LCC	Antes	3.95 A	9.20A
LB	Después	2.10 A	6.30A
LC	Después	1.96 A	6.20A
LCC	Después	1.90 A	5.00A
LBR	Después	1.49 A	5.00A
LG	Después	1.47 A	5.00A

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

Fuente esta investigación.

Así mismo Ingaramo, Paz y Dugo (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 el cuadro 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 (figura 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% (figura 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 interacción época*profundidad, donde la prueba de tukey muestra la mayor resistencia antes de la preparación del terreno entre 20 y 30 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 Florez, A, (1985) en su estudio. En la figura 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.

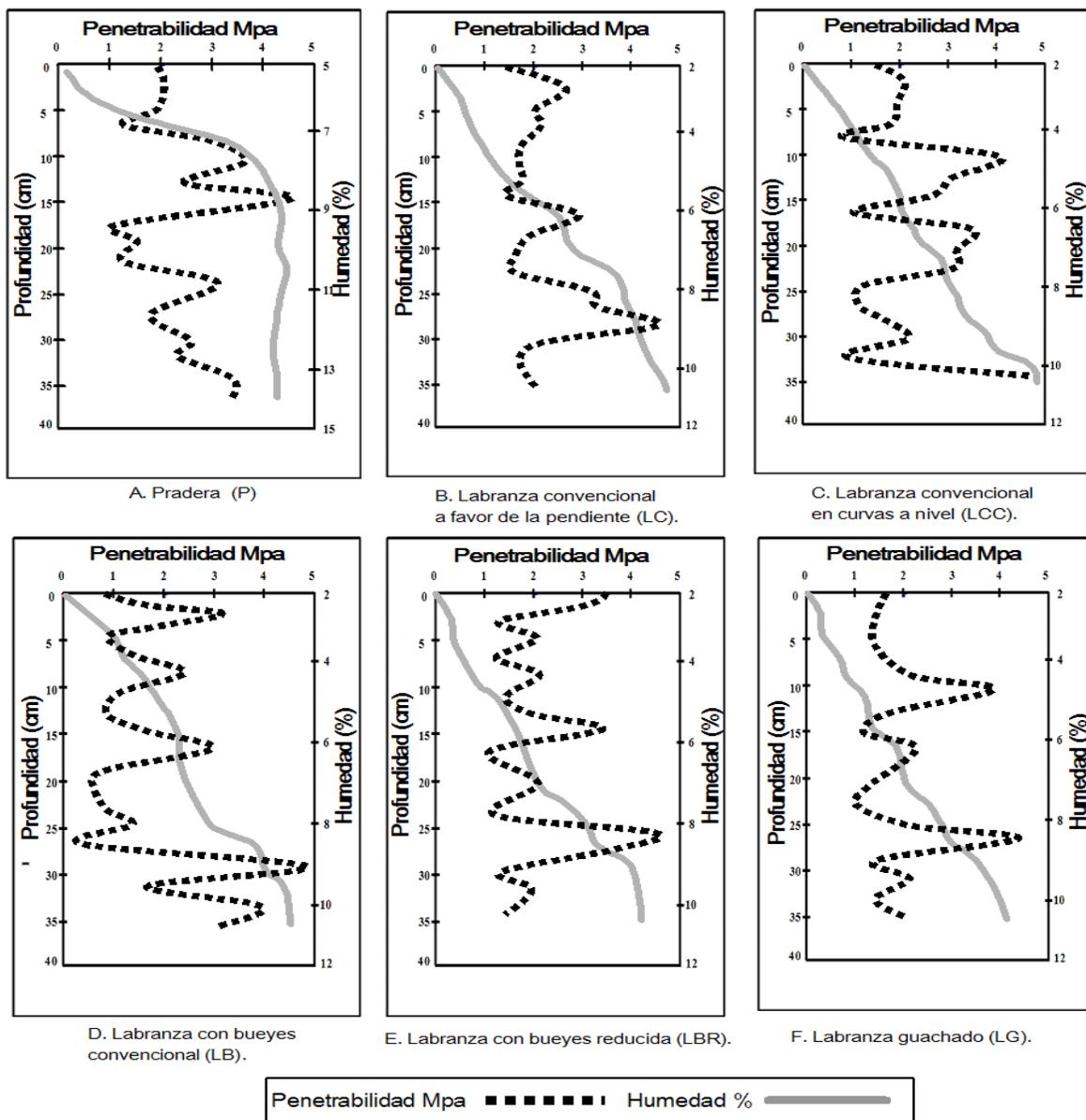


Figura 2. Penetrabilidad del suelo bajo diferentes sistemas de labranza, en un cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L), Pasto, Colombia, A (P), B (LC), C (LCC), D (LB), E (LBR) y F (LG).

Fuente esta investigación.

Conclusiones.

Los mayores valores de pérdida de suelo los presentaron las labranzas convencional y labranza convencional en curvas a nivel.

Las propiedades físicas evaluadas no fueron alteradas significativamente durante el tiempo de la investigación.

Las labranzas guachado y labranza con bueyes reducida, mostraron cambios en las dos épocas de evaluación respecto a la penetrabilidad.

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. 1983. Persistencia del efecto fertilizante del fósforo proveniente de fuentes de distinta solubilidad en un suelo de páramo. Tesis de grado de Químico. Bogotá. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional. 99 p.

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, 122 p.

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

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. INGAUNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE, comunicaciones científicas y tecnológicas. España, <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt/2003/comunicaciones/05-Agrarias/A-032.pdf>. 1p; consulta: Agosto de 2011.

LAL, R.; STEWART B., A. 1995. Soil management, Experimental Basis for Sustainability and Environmental Quality. CRC Press, Inc. 555p.

LEGARDA, L. 1989. Características y manejo de propiedades físicas de los suelos volcánicos de Nariño. Revista de investigaciones. Universidad de Nariño, Colombia. Vol.3 No4. p. 116-138.

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. 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.H. 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 Et all. 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 investigación. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias agrícolas. 37p.

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.

ANEXOS

Anexo 1 andevas propiedades quimicas.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ph	120	0,48	0,20	3,76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,80	41	0,07	1,74	0,0182
tratamiento	0,14	4	0,03	0,89	0,4769
bloque	0,33	2	0,16	4,16	0,0192
profundidad	0,72	3	0,24	6,13	0,2008
epoca	0,66	1	0,66	16,79	0,1001
tratamiento*profundidad	0,26	12	0,02	0,55	0,8726
tratamiento*epoca	0,16	4	0,04	1,04	0,3943
profundidad*epoca	0,24	3	0,08	2,01	0,1195
tratamiento*profundidad*ep..	0,29	12	0,02	0,62	0,8202
Error	3,07	78	0,04		
Total	5,87	119			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MO	120	0,62	0,41	19,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	125,38	41	3,06	3,06	<0,0001
tratamiento	15,16	4	3,79	3,79	0,1072
bloque	19,50	2	9,75	9,75	0,0002
profundidad	41,60	3	13,87	13,86	<0,0001
epoca	0,27	1	0,27	0,27	0,6050
tratamiento*profundidad	14,07	12	1,17	1,17	0,3175
tratamiento*epoca	23,89	4	5,97	5,97	0,1003
profundidad*epoca	3,22	3	1,07	1,07	0,3657
tratamiento*profundidad*ep..	7,68	12	0,64	0,64	0,8022
Error	78,01	78	1,00		
Total	203,39	119			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
P disp	120	0,47	0,19	80,75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	23035,04	41	561,83	1,70	0,0228
tratamiento	6186,93	4	1546,73	4,67	0,0020
bloque	2696,52	2	1348,26	4,07	0,0208
profundidad	3253,74	3	1084,58	3,27	0,0254
epoca	424,62	1	424,62	1,28	0,2610
tratamiento*profundidad	2776,82	12	231,40	0,70	0,7482
tratamiento*epoca	4981,20	4	1245,30	3,76	0,0075
profundidad*epoca	118,88	3	39,63	0,12	0,9483
tratamiento*profundidad*ep..	2596,34	12	216,36	0,65	0,7901
Error	25838,96	78	331,27		
Total	48874,00	119			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CIC	120	0,60	0,39	12,63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	627,85	41	15,31	2,87	<0,0001
tratamiento	207,25	4	51,81	9,71	<0,1001
bloque	21,77	2	10,88	2,04	0,1369
profundidad	21,50	3	7,17	1,34	0,2665
epoca	10,67	1	10,67	2,00	0,1612
tratamiento*profundidad	105,56	12	8,80	1,65	0,0953
tratamiento*epoca	106,88	4	26,72	5,01	0,1012
profundidad*epoca	30,27	3	10,09	1,89	0,1379
tratamiento*profundidad*ep..	123,96	12	10,33	1,94	0,0623
Error				416,10	78 5,33
Total	1043,95	119			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ca	120	0,57	0,35	13,91

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	242,76	41	5,92	2,55	0,0002
tratamiento	24,59	4	6,15	2,65	0,0396
bloque	72,57	2	36,28	15,61	<0,0001
profundidad	3,89	3	1,30	0,56	0,6440
epoca	2,25	1	2,25	0,97	0,3278
tratamiento*profundidad	19,35	12	1,61	0,69	0,7524
tratamiento*epoca	72,63	4	18,16	7,81	<0,0001
profundidad*epoca	15,75	3	5,25	2,26	0,0881
tratamiento*profundidad*ep..	31,72	12	2,64	1,14	0,3431
Error	181,24	78	2,32		
Total	424,01	119			

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mg	120	0,45	0,17	29,20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	56,77	41	1,38	1,58	0,0410
tratamiento	6,24	4	1,56	1,79	0,1402
bloque	10,41	2	5,21	5,95	0,0039
profundidad	0,88	3	0,29	0,34	0,7988
epoca	13,72	1	13,72	15,69	0,0002
tratamiento*profundidad	3,00	12	0,25	0,29	0,9900
tratamiento*epoca	16,33	4	4,08	4,67	0,0020
profundidad*epoca	1,45	3	0,48	0,55	0,6479
tratamiento*profundidad*ep..	4,73	12	0,39	0,45	0,9368
Error	68,21	78	0,87		
Total	124,97	119			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
K	120	0,44	0,15	89,65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,69	41	0,07	1,50	0,0627
tratamiento	0,85	4	0,21	4,87	0,0015
bloque	0,90	2	0,45	10,24	0,0001
profundidad	0,02	3	0,01	0,18	0,9114
epoca	3,9E-03	1	3,9E-03	0,09	0,7673
tratamiento*profundidad	0,27	12	0,02	0,52	0,8983
tratamiento*epoca	0,39	4	0,10	2,23	0,0733
profundidad*epoca	0,06	3	0,02	0,45	0,7206
tratamiento*profundidad*ep..	0,19	12	0,02	0,37	0,9706
Error	3,41	78	0,04		
Total	6,09	119			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Azufre disp	120	0,51	0,25	40,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2408,16	41	58,74	1,97	0,0050
tratamiento	209,21	4	52,30	1,76	0,1460
bloque	89,39	2	44,69	1,50	0,2292
profundidad	349,30	3	116,43	3,91	0,0117
epoca	982,18	1	982,18	33,00	<0,0001
tratamiento*profundidad	203,51	12	16,96	0,57	0,8599
tratamiento*epoca	293,63	4	73,41	2,47	0,0517
profundidad*epoca	114,92	3	38,31	1,29	0,2848
tratamiento*profundidad*ep..	166,02	12	13,84	0,46	0,9293
Error	2321,82	78	29,77		
Total	4729,98	119			

ANEXO 2 Propiedades físicas.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DA	120	0,61	0,41	10,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,81	41	0,04	2,99	<0,0001
labranza	0,07	4	0,02	1,16	0,3352
bloque	0,17	2	0,09	5,82	0,0044
profundidad	0,17	3	0,06	3,92	0,0116
epoca	0,96	1	0,96	65,41	<0,0001
labranza*profundidad	0,14	12	0,01	0,79	0,6633
labranza*epoca	0,04	4	0,01	0,67	0,6150
profundidad*epoca	0,08	3	0,03	1,92	0,1337
labranza*profundidad*epoca..	0,17	12	0,01	0,95	0,5001
Error	1,15	78	0,01		
Total	2,96	119			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
INFILTRACION	120	0,33	0,00	65,69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2776,62	41	67,72	0,94	0,5854
labranza	229,54	4	57,38	0,79	0,5337
bloque	247,06	2	123,53	1,71	0,1883
profundidad	164,31	3	54,77	0,76	0,5220
epoca	133,14	1	133,14	1,84	0,1790
labranza*profundidad	854,93	12	71,24	0,98	0,4718
labranza*epoca	361,73	4	90,43	1,25	0,2974
profundidad*epoca	67,89	3	22,63	0,31	0,8163
labranza*profundidad*epoca..	718,02	12	59,84	0,83	0,6232
Error	5648,88	78	72,42		
Total	8425,50	119			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CONDUCTIVIDAD	120	0,28	0,00	75,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	606,14	41	14,78	0,73	0,8629
labranza	47,88	4	11,97	0,59	0,6693
bloque	148,39	2	74,20	3,67	0,0300
profundidad	7,00	3	2,33	0,12	0,9508
epoca	39,38	1	39,38	1,95	0,1668
labranza*profundidad	164,81	12	13,73	0,68	0,7661
labranza*epoca	109,06	4	27,27	1,35	0,2595
profundidad*epoca	20,17	3	6,72	0,33	0,8018
labranza*profundidad*epoca..	69,44	12	5,79	0,29	0,9900
Error	1576,79	78	20,22		
Total	2182,93	119			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
HUMEDAD	120	0,45	0,15	25,65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10891,28	41	265,64	1,53	0,0546
labranza	847,69	4	211,92	1,22	0,3100
bloque	1853,41	2	926,70	5,33	0,0068
profundidad	1000,97	3	333,66	1,92	0,1336
epoca	1074,88	1	1074,88	6,18	0,0151
labranza*profundidad	1021,57	12	85,13	0,49	0,9153
labranza*epoca	298,41	4	74,60	0,43	0,7874
profundidad*epoca	1016,80	3	338,93	1,95	0,1288
labranza*profundidad*epoca..	3777,54	12	314,80	1,81	0,0609
Error	13571,59	78	173,99		
Total	24462,87	119			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
POROSIDAD	120	0,60	0,39	9,57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2565,72	41	62,58	2,83	<0,0001
labranza	50,24	4	12,56	0,57	0,6862
bloque	238,96	2	119,48	5,41	0,0063
profundidad	156,16	3	52,05	2,36	0,0782
epoca	1514,60	1	1514,60	68,57	<0,0001
labranza*profundidad	239,46	12	19,95	0,90	0,5474
labranza*epoca	45,60	4	11,40	0,52	0,7241
profundidad*epoca	116,71	3	38,90	1,76	0,1615
labranza*profundidad*epoca..	203,98	12	17,00	0,77	0,6793
Error	1722,84	78	22,09		
Total	4288,55	119			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DR	120	0,52	0,27	3,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,54	41	0,01	2,05	0,0032
labranza	0,10	4	0,02	3,81	0,0070
bloque	0,14	2	0,07	10,97	0,0001
profundidad	0,06	3	0,02	2,90	0,0402
epoca	0,01	1	0,01	2,29	0,1338
labranza*profundidad	0,10	12	0,01	1,30	0,2366
labranza*epoca	0,05	4	0,01	1,87	0,1236
profundidad*epoca	0,02	3	0,01	0,89	0,4486
labranza*profundidad*epoca..	0,07	12	0,01	0,85	0,6025
Error	0,50	78	0,01		
Total	1,05	119			