

**EFFECTO DE LA REMOCION EN UN SUELO DE LADERA VITRIC
HAPLUSTAND SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA (*solanum
tuberosum* L.), SAN JUAN DE PASTO – COLOMBIA.**

ÁLVARO D. BOTINA

ELIANA E. PATIÑO R

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO**

2012

**EFFECTO DE LA REMOCION EN UN SUELO DE LADERA VITRIC
HAPLUSTAND SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA (*solanum
tuberosum* L.), SAN JUAN DE PASTO – COLOMBIA.**

ÁLVARO D. BOTINA

ELIANA E. PATIÑO R

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al titulo de ingeniero
agronómico**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO**

2012

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1^o del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Firma del Presidente de tesis

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, Agosto de 2012

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCION.....	8
METODOLOGIA.....	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
CONCLUSIONES.....	29
BIBLIOGRAFÍA	29

**EFFECTO DE LA REMOCION EN UN SUELO DE LADERA VITRIC
HAPLUSTAND SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA (*solanum
tuberosum* L.), SAN JUAN DE PASTO – COLOMBIA.¹**

**EFFECT OF SOIL REMOVAL IN HILLSIDE VITRIC HAPLUSTAND ON YIELD
THE POTATO CROP (*solanum tuberosum* L.), SAN JUAN DE PASTO –
COLOMBIA.¹**

Álvaro D. Botina.², Eliana E. Patiño R.², Hugo Ruiz.³, Jairo Mosquera Guerrero.⁴, Orlando Benavides.⁵

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar la producción del cultivo de papa (*solanum tuberosum* L.) y su relación con el desplazamiento de suelo, a través de cinco sistemas de labranza; Los tratamientos (LTM: labranza tradicional mecanizada a favor de la pendiente, LTMCN: labranza tradicional mecanizada en curvas de nivel, LB: labranza con bueyes, LM: labranza mínima, LG: labranza de guachado) se distribuyeron en un arreglo de bloques completamente al azar con tres repeticiones, y se realizó un análisis económico complementario.

La mayor remoción (6.36 cm) y mayor resistencia a la penetración (3.92MPa), se obtuvieron en el suelo preparado con labranza tradicional mecanizada a favor de la pendiente (LTM). La producción del cultivo de papa (t.ha⁻¹) no se vio afectada por los

¹ Trabajo de grado para optar al Título de Ingeniero Agrónomo.2012.

² Estudiantes Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.
Email:alvaro290284@hotmail.com./ely.pr@hotmail.com

³ Docente Universidad de Nariño, Ingeniero Agrónomo, M. Sc. Ph. D. Email: hugoruizeraso@yahoo.es

⁴ Docente Universidad de Nariño, Ingeniero Agrónomo, Esp. M. Sc. Email: jahemos45@yahoo.com

⁵ Docente Universidad de Nariño, Ingeniero Agrónomo, M. Sc. Email: Orlando.benavides2@gmail.com

tratamientos, sin embargo los valores variaron entre 26.5 t.ha⁻¹ y 17,0 t.ha⁻¹ para la labranza guachado y labranza tradicional mecanizada respectivamente, en ese sentido los mejores valores de calidad de producción los arrojó la labranza mínima, con un total de 245 bultos/50 kg de papa tamaño grande (“Cero” mayor de 371 g), y 160 bultos/50 kg de papa mediana, las cuales son altamente valoradas en el mercado nacional.

Palabras claves: Remoción, Microrelievimetro, andisol, labranza.

ABSTRACT

The purpose of this research project was focused on the evaluation of the potato crop (*solanum tuberosum* L.) and its relation to the displacement of soil through five tillage systems; the treatments were: (LTM: mechanized tillage for the slope, LTMCN: mechanized tillage in contour lines, LB: conventional tillage with oxen, LM: minimum tillage and LG guachado tillage). The treatments were distributed in an arrangement of randomized complete block with three repetitions. It was realized a complementary economic analysis.

Moreover, the best removal (6.36cm) and best resistance to penetration (3.92 MPa) they were obtained on the ground prepared for mechanized tillage were in favor of the slope (LTM). The production of potato crop (t.ha⁻¹) was not affected by the treatments; but the varied values between 26.5 t.ha⁻¹ and 17.0 t.ha⁻¹ for guachado tillage and conventional tillage mechanized respectively, however, the best quality and profitability response was obtained in minimum tillage (LM). When obtaining a total of 245 bundles/50 Kg of potato big size (“Zero” bigger than 371 g), and 160 bundles/50 Kg of medium potato, which are highly valued in the national market.

Keywords: Removal, Microreliefmeter, andisol, tillage.

INTRODUCCION

La agricultura Colombiana enfrenta el reto de ser competitiva; la papa se encuentra en este escenario, dado que desempeña un rol importante en el sistema de alimentación global, contribuye a los requerimientos energéticos y de nutrientes de más de dos mil millones de personas en los países en desarrollo y es producida y consumida en su mayoría por los agricultores más pobres, CIP, (1998). El 90% de la producción comercial de papa se realiza en terrenos de ladera y el 10% en suelos planos mecanizables, Espinal Y Martínez, (2006), de ahí que en Colombia, la principal actividad agrícola de clima frío es el cultivo de la papa, la cual se encuentra distribuida a lo largo del territorio en un área aproximada 137.840 ha.año⁻¹. MINAGRICULTURA, (2012). Por este motivo, se requiere modernizar las prácticas agronómicas, de tal modo que alcance una mayor eficiencia en la utilización de los insumos. Barrera, (1998). Quizá el desafío agrícola más importante es el de diseñar sistemas de cultivos para las áreas de ladera, que sean productivos y reduzcan la erosión.

El uso intensivo de implementos de labranza a través del tiempo, causa efectos negativos en las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, los cuales se ven reflejados en la disminución de rendimientos y en la retribución económica que los agricultores esperan de su inversión en el campo, Barrera, (1998). Actualmente en el cultivo de la papa, se utiliza maquinaria o implementos inadecuados para la preparación del suelo, como el rotavator, arado de vertedera y rastrillo de discos, ya que no hay disponibilidad en el mercado de implementos apropiados para la zona de ladera, lo cual genera compactación del suelo entre los 5 - 30 cm que originan deficiencias en el sistema radicular por poca penetración de raíces y disminución de la capacidad de retención de agua, favoreciendo con esto la escorrentía y la erosión superficial. Amézquita (2001), afirma que dentro de los procesos de degradación física de suelos, hay dos que están disminuyendo drásticamente la capacidad productiva en Colombia: la erosión en las áreas de ladera (región Andina en donde

aproximadamente el 87% del área presenta algún grado de erosión) y la pérdida de estructura acompañada de compactación sub-superficial en las áreas de agricultura intensiva en los valles interandinos, región Caribe y altiplanos Cundiboyacense y Nariñense.

De acuerdo con esto las experiencias demuestran que sólo la práctica de labranza, genera cambios en el comportamiento de las propiedades del suelo, que condicionan paulatinamente la productividad y el bienestar integral de la población rural, Castillo, (2002). Lal (1985), concluye que las características físicas son las que más se ven afectadas por las acciones de uso y manejo de suelos y conllevan a una alteración de la capacidad del suelo para aceptar, transmitir, retener y ceder agua a los cultivos, de igual forma, afecta la respuesta de los suelos y cultivos a la aplicación de enmiendas y fertilizantes con la consecuente alteración negativa de la diversidad y actividad biológica. Para Suárez, (1982) las tasas máximas de degradación del suelo se observan cuando las operaciones de labranza se realizan a favor de la pendiente.

En el sur de Ecuador, Dercon, (2001) y Dercon, *et al.* (2007), evaluaron la intensidad erosiva de la labranza, en sistemas agrícolas de producción comunes, en la región de los Andes, incluyendo labranza con disco y sistemas impulsados por animales. Los investigadores encontraron que la erosión por labranza fue la mayor causa de la pérdida severa e insostenible de suelo observada en el campo. De este modo la degradación de suelos desde el punto de vista físico, químico y biológico, así como la reducción en disponibilidad y calidad de aguas han obligado al sector agropecuario a buscar soluciones extremas al sistema de producción. (CEVIPAPA, 2005).

En Nariño los trabajos realizados por Descance & Muñoz (2005), evaluaron la influencia de dos sistemas de labranza vertical y el sistema de guachado sobre algunas propiedades físicas, donde no encontraron efectos de los sistemas de labranzas utilizados, a lo que le atribuyeron al corto tiempo de evaluación. Por su parte Ruiz, *et al* (2002) en su evaluación de la erosión en un suelo papero de ladera, bajo cuatro sistemas de labranza, mediante el

microrelievimetro encontraron que la labranza convencional y el guachado presentaron los mayores remociones del suelo del estudio, ellos atribuyeron este hecho a que la labranza en estos suelos, independiente de la modalidad de los implementos que se usen, afectan la frágil estructura del suelo.

Por otra parte el problema degradativo del suelo en sus inicios es muy difícil de detectar para tomar correctivos generalmente pasa desapercibida por los productores y solamente los agricultores se percatan de ello, cuando el suelo ha disminuido o perdido su capacidad productiva y se han afectado negativamente los recursos naturales. Amézquita, (2001). Por tal razón se han diseñado herramientas que son sensibles a los cambios de suelo, entre estas se encuentra el microrelievimetro de fácil acceso y manejo por parte de técnicos y agricultores. El aparato permite mediante evaluaciones sucesivas (semanales, mensuales, etc.), medir los cambios en la microtopografía del terreno y relacionarlos como lámina de suelo perdido en el período considerado.

Con base en lo anterior el presente proyecto tuvo por objetivo evaluar el rendimiento de un cultivo de papa (*solanum tuberosum* L.) y su relación con la remoción en un suelo de ladera.

METODOLOGIA

Localización. Esta investigación se realizó en un cultivo de papa de la granja experimental de Botana de la Universidad de Nariño, ubicada a una altura de 2820m.s.n.m, en las coordenadas 01°09'12" Latitud Norte y 77°18'31" Longitud Oeste, con una temperatura promedio de 13 °C, una precipitación media anual de 837mm (Cuadro 1), humedad relativa del 75% (IDEAM, 2011), pendiente promedio del 25% y una clasificación de bosque seco montano bajo según la clasificación de Holdrige.

Cuadro 1. Registro de la precipitación mensual en los mes de octubre de 2010 a mayo de 2011 en la granja experimental de botana municipio de pasto Nariño.

Mes	Precipitación en 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

Microrelievimetro: es un aparato que permite mediante evaluaciones sucesivas medir los cambios en la microtopografía del terreno y relacionarlos como lamina de suelo perdido en el periodo considerado.

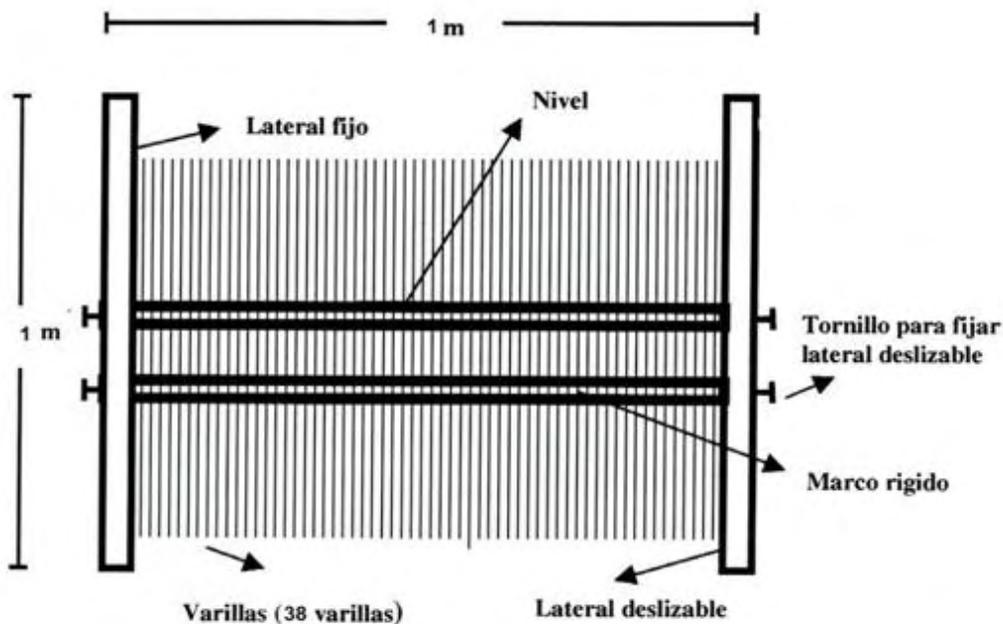


Figura: 1. Microrelievimetro

Para el uso en campo se seleccionan tres sitios o puntos que cubran convenientemente el terreno y los cuales hacen las veces de repeticiones y poder tener un buen esquema de variación de erosión en campo. Se colocan las estacas de manera que sobresalgan 10 cm del suelo, se pone el microrelievimetro en las estacas, la pata deslizante aguas abajo, se nivela y se procede a tomar las lecturas correspondientes. (Amezquita, 1996).

Suelos: Esta zona corresponde a una consolidación Vitric Haplustands fase moderadamente inclinada, originados de cenizas volcánicas que yacen sobre tobas de ceniza y lapilli; son muy profundos y moderadamente profundos, bien a imperfectamente drenados y de fertilidad alta y moderada. Estos suelos se presentan en el banco de las mesetas dentro del paisaje de altiplanicie, pertenecen al grupo textural franco fino desarrollados a partir de cenizas volcánicas, IGAC, (2004). En el cuadro No.2 se presentan los valores del análisis químico del suelo realizado donde presentó contenidos medios de materia orgánica, potasio y fósforo disponible y altos niveles de calcio y magnesio. La materia orgánica presente en estos suelos tiene unos valores promedios de 5.1%, considerado para clima frío como el punto en el que los suelos tienen aceptables contenidos de materia orgánica. Con respecto al calcio la mayoría de los suelos tienen unos contenidos medios de calcio, no siendo así para este trabajo donde los valores son altos y que probablemente reflejan el efecto residual de los fertilizantes que se aplican al cultivo de papa. La capacidad de intercambio catiónico es media, que califica a este suelo con una buena capacidad de intercambio.

Cuadro 2. Análisis químico de las propiedades del suelo estudiado de la granja experimental Botana.

PARAMETRO	VALOR	CONTENIDO
Ph	5.57	Moderadamente acido
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
Textura	Ar-A	Arcillo- Arenosa

Cuadro 3. Propiedades físicas del suelo estudiado.

Variable		Valor promedio	
		antes de la siembra	después de la cosecha
Densidad aparente		1,14 g*cc ⁻¹	1,15 g*cc ⁻¹
Distribución de poros	Macroporos	34,64 %	34,61 %
	Mesoporos	8,03 %	8,05 %
	Microporos	7,31 %	7,33 %
Porosidad total		49,06 %	49,19 %

Fuente esta investigación

Material Vegetal. Se empleó la variedad de papa **DIACOL Capiro (R-12)**. Debido a que esta es una de las más utilizadas en la zona por sus buenas características agronómicas como sabor, color, aspecto y tamaño. Se adapta bien en altitudes comprendidas entre 2.500

y 3.200 msnm. Tiene un ciclo de vida entre cinco y seis meses, requiere de alta precipitación. Es altamente susceptible a gota y resistente a roya.

Labores culturales. La preparación del terreno se efectuó según los tratamientos utilizados tal y como se observa en la tabla 1. La siembra se realizó depositando una semilla por sitio a la profundidad de 0.15m formando surcos de 32m de largo y con una distancia entre ellos de 1.0m y entre plantas a una distancia de 0.50m, para una población de plantas de 2074 sitios. La fertilización, se realizó en base al análisis de suelo y de acuerdo al plan de fertilización desarrollado para el cultivo, el cual fue igual para todos los tratamientos, con aplicaciones de abono completo 10-20-20. Esta operación se realizó en su totalidad en la época de reabone con aplicación de riego complementario para una mejor asimilación del abono ya que al inicio del cultivo no hubo aplicación de fertilizante.

Área experimental. El área total del ensayo fue de 8695m² dividido en tres bloques, en la parte alta, media y baja; los cuales contaron cada uno con 5 parcelas, donde se efectuaron los sistemas de labranza evaluados, cada parcela tuvo un área de 551.8 m² (31 m x 17.8 m), donde se evaluaron las variables físicas y químicas, la separación entre parcelas fue de 1 m y su pendiente fue del 25%.

Tabla 1. Descripción de los Sistemas de labranza utilizados.

Tratamiento	Labranza	Descripción	Sigla
1	Tradicional mecanizada	En dirección de la pendiente, dos pases de arado de cincel, dos pases de rastrillo y Siembra	LTM
2	Tradicional mecanizada	En curvas de nivel, dos pases de arado de cincel, dos pases de rastrillo y Siembra	LTMCN
3	Tradicional con bueyes	En curvas de nivel, dos pases de arado de chuzo con yunta de bueyes, dos pases de rastrillo y Siembra	LB
4	Mínima	En curvas de nivel, dos pases de arado de chuzo con yunta de bueyes y Siembra	LM
5	Guachado	En curvas de nivel, Guachado y Siembra	LG

Variables Evaluadas.

Desplazamiento. Se determinó en las parcelas de estudio mediante microrelievimetro, por cada tratamiento se tomaron medidas (en el tercio superior, en el tercio medio y en el tercio inferior de la pendiente), que a la vez garantizaron que el terreno fuera muestreado en los diferentes niveles de la pendiente, marcando un área específica en la cual se determinó el desplazamiento de suelo promedio,

Penetrabilidad. Se evaluó utilizando el penetrografo de pistón Eijkelkamp con el cual se graficó la resistencia del suelo expresada en MPa, por la profundidad en centímetros del punto tomado.

Análisis estadístico y Diseño experimental. El diseño estadístico utilizado en la investigación fue de bloques completos al azar, con 3 repeticiones. Para cada una de las variables se realizó un análisis de varianza, para ello se utilizó el programa Infostat, 2009 con probabilidad menor o igual a 0,05 ($P < 0,05$); además, se utilizó la prueba de Duncan al 5%, en las variables que presentaron diferencias estadísticas.

Análisis económico. El análisis económico se efectuó por el método de indicadores de efectividad económica: costo, beneficio y rentabilidad, propuesto por Polimeni, (2000), el cual tiene en cuenta los beneficios netos para cada tratamiento como son el cálculo de rendimiento promedio, la estimación del precio de campo, beneficio bruto de campo, identificación de insumos, variables, estimación del precio de campo de cada insumo, obtención del costo variable, beneficio neto y rentabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Microrelievimetro. La tabla 2 muestra el ANDEVA realizado para el desplazamiento de suelo en los sistemas de labranza utilizados, donde existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

En la prueba de DUNCAN tabla 3, se observan los valores promedios de los muestreos realizados siendo estadísticamente los desplazamientos medidos a través del microrelievimetro iguales para los cinco tratamientos evaluados, es importante anotar que a pesar de no presentar diferencias estadísticas las labranza tradicional mecanizada a favor de la pendiente (LTM) mostro el mayor desplazamiento de suelo en promedio con 6.36 cm, el tradicional mecanizado en curvas de nivel (LTMCN) con 6.34 cm y la labranza guachado (LG) con 6.27 cm Por su parte los tratamientos labranza con bueyes en curvas de nivel (LB) y labranza mínima (LM), con valores de 5.88 y 5.87cm respectivamente fueron los que presentaron menor desplazamiento de suelo por área.

Tabla 2. ANDEVA para los tratamientos con el microrelievimetro.

F.V.	SC	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	2,8	0,0396*
Error	7,54	38	0,20		
Total	10,05	44			
C.V: 7.26					

ns = No significativo

* = Diferencias estadísticas significativas (95%)

Tabla 3. Prueba de DUNCAN de los tratamientos valorados con el microrelievimetro en cm.

Tratamientos	Descripción	Desplazamiento
LTM	Tradicional Mecanizado	6.36 B
LTMCN	Trad. Mec. Curvas de Nivel	6.34 B
LB	Tradicional con bueyes	5.88 A
LM	Labranza mínima	5.87 A
LG	Guachado	6.27AB

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

Los anteriores resultados demuestran el efecto producido por las diferentes labranzas en suelos de ladera, en especial las tradicionales, afectan la estructura del suelo y permiten uno de los mayores procesos erosivos de estos sectores de ladera Ruiz *et al*, (2001); Al respecto Rodríguez, (1986) afirma que las mayores pérdidas del suelo por desplazamiento son producidas por la acción del implemento y por la gravedad, sin desconocer la importancia del suelo arrastrado por escorrentía una vez se ha hecho disturbación del mismo por las actividades de preparación, deshierbas y aporque, sin embargo se observa que la mayor tasa de desplazamiento de suelo ocurre cuando las operaciones de labranza se realizan a favor de la pendiente esto debido a una disminución de los contenidos de materia orgánica, y al deterioro de la estabilidad estructural. (Fauck, 1975).

Al estudiar sistemas de labranza reducida utilizando tracción animal en el cultivo de papa en un suelo franco limoso de ladera en Nariño, Rodríguez, (1984) encontró una tendencia a mejorar el rendimiento de papa en la medida en que se reducen labores de labranza, partiendo del patrón convencional, esta tendencia fue más acentuada al comparar específicamente el producto comercial; sin embargo, los aumentos en producción no presentaron diferencias estadísticas significativas frente al sistema convencional.

Otro tipo de labranza que los agricultores han venido utilizando en los suelos de zona de ladera es la labranza convencional que se considera un sistema en el cual el suelo

superficial se invierte por medio del arado incorporando la materia orgánica residual de la cosecha anterior, con el fin de lograr un buen lecho para la germinación óptima de las semillas, esta implica una o dos operaciones de arada, dos o tres rastrilladas y el uso posterior de maquinaria para pulir y nivelar el suelo Malagón, (1990). Paradójicamente, a la vez que los suelos agrícolas se van agotando, el volumen de la producción debe seguir aumentando, la FAO calcula que los agricultores tendrán que producir 40 por ciento más en el año 2020 para alimentar a la población mundial (FAO, 2000).

En las figuras 2 y 3 se puede apreciar el desplazamiento del suelo para cada posición en las varillas medidoras del microrelievimetro para las labranzas, tradicional mecanizada (LTM) y labranza tradicional mecanizada con curvas de nivel (LTMCN), antes de labranza y el resultado del desplazamiento después de todas las labores que intervienen en el cultivo hasta la cosecha; las cuales fueron las de mayor remoción de suelo durante la investigación, donde se observa una alteración drástica en el momento de implementar una labranza a este suelo de ladera, ratificando la alta sensibilidad que posee el microrelievimetro al detectar cambios mínimos en el relieve corroborando lo expuesto por Amezcuita, (1996), quien argumenta que este instrumento permite mediante evaluaciones sucesivas medir los cambios en la microtopografía del terreno y relacionarlos con el movimiento de suelo presentado en el periodo considerado por el estudio.

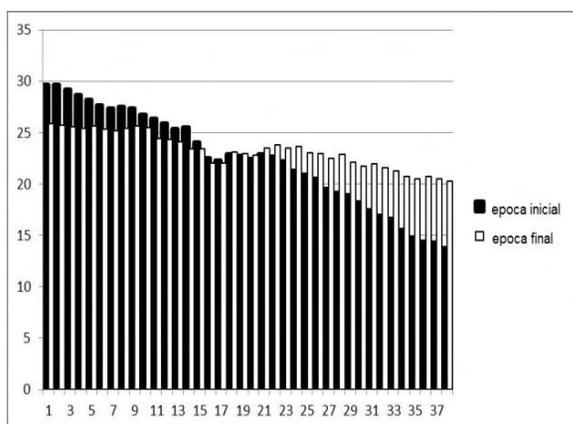


Fig. 2. (Labranza Tradicional Mecanizada).

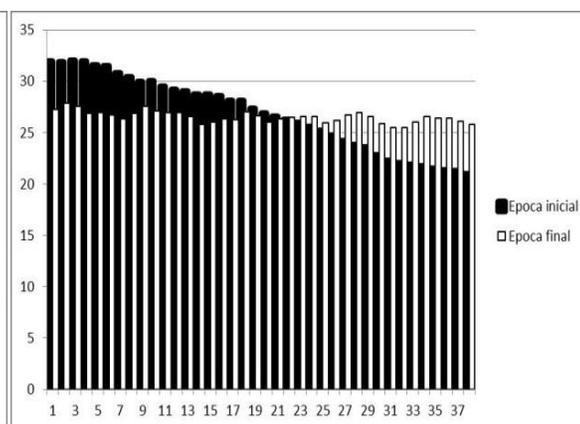


Fig.3.(Labranza Tradicional Mecanizada Curvas Nivel).

En laderas, este traslado del suelo es facilitado por la gravedad. Resultados similares en Nariño fueron obtenidos por Ruiz et al, (2002), quienes en su trabajo obtuvieron semejanzas entre la labranza convencional y el sistema de guachado. También CORPOICA, (2002) en su boletín da a conocer pérdidas de suelo con guachado de 54 a 32 Kg.ha⁻¹ entre la primera y segunda siembra de papa y la labranza convencional de 131 y 155 Kg.ha⁻¹ igualmente entre la primera y la segunda siembra.

En las labranzas por empuje animal (LB) y (LM) el suelo es desplazado a favor de la pendiente, pues aunque las operaciones sean efectuadas en contorno, el suelo usualmente es tirado favor de la pendiente (Figura 4 y 5). Al respecto Mehuys *et al*, (2009), afirma que si las labranzas manual y animal son realizadas en pendientes mayores al 35%, la erosividad causada por estas operaciones de campo se compara a la que ocurre con labranzas mecanizadas. Howeler, (1984), condujo un trabajo con el cultivo de la yuca, donde evaluó el rendimiento del cultivo y las pérdidas de suelo por erosión, donde las mayores pérdidas de suelo por erosión (35,9 t.ha⁻¹) y la menor producción de yuca (6,9 t.ha⁻¹), se logró con la preparación convencional con bueyes y las menores pérdidas de suelo por erosión (9,8 t.ha⁻¹) y la mayor producción de yuca, se logro donde la siembra se hizo con labranza cero.

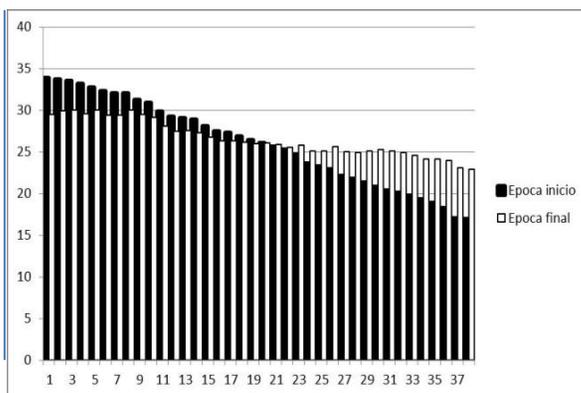


Fig. 4. (Labranza de Bueyes).

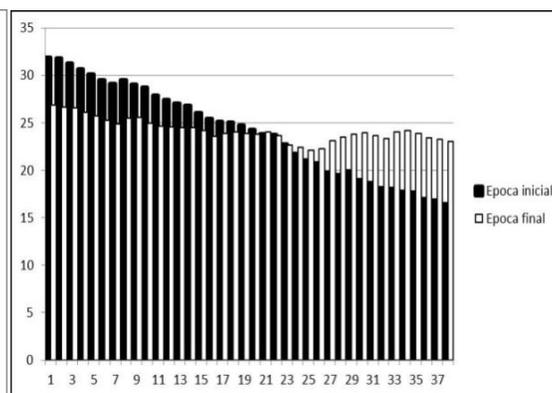


Fig.5.(Labranza Mínima).

En la figura 6 se observa la respuesta correspondiente a la remoción del suelo con labranza de guachado donde los resultados fueron similares a las labranzas tradicionales, siendo contradictorio, dado que el sistema guachado es una modalidad “conservacionista” de suelo en el cultivo de la papa, además el efecto negativo que ejerce el uso del azadón al desnudar y remover el suelo y dejarlo expuesto al impacto directo de las lluvias y aguas de escorrentía genera desplazamiento o pérdidas que se consideran altas si se tiene en cuenta que la formación de un centímetro de espesor de suelo en condiciones naturales sin intervención del hombre, puede tardar entre 120 y 400 años Resende, (1982). Lo anterior indica que la mayor protección de los suelos contra la erosión es evitar remover el suelo al máximo durante el cultivo y mantener una cobertura viva o de mulch permanente.

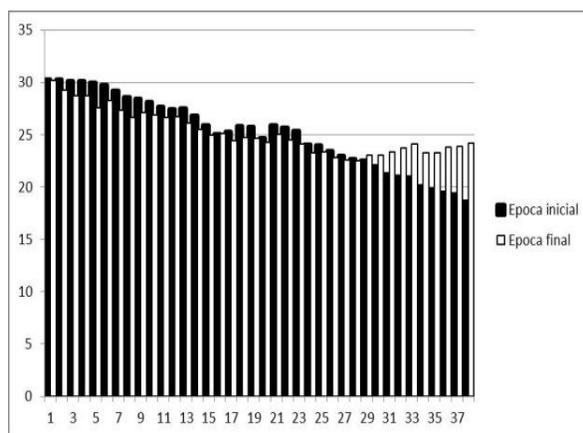


Fig. 6 (Labranza de Guachado)

Penetrografo. El análisis de varianza para penetrabilidad (Tabla 4) mostró diferencias estadísticas significativas al 0.05% entre tratamientos, es decir que la penetrabilidad del suelo se vio influenciada por las labranzas utilizadas, donde la humedad gravimétrica estuvo en un rango de 5 a 12% (figura 7).

Tabla 4. ANDEVA para penetrabilidad del suelo.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo.	1,76	6	0,29	1,67	0,2456*
Bloque	1,38	2	0,69	0,55	0,0655
Tratamiento	0,39	4	0,10	3,91	0,7053*
Error	1,41	8	0,18		
Total	3,17	14			

CV: 11.37

s = No significativo

* = Diferencias estadísticas significativas (95%)

En la comparación de medias con la prueba de DUNCAN (tabla 5), se puede observar que en la resistencia a la penetración no hay diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, los promedios indican que solo la labranza guachado (LG) con un valor menor a 3,5 MPa (figura 7), es catalogado suelo de resistencia media, el resto de los tratamientos se clasifican como suelos de alta resistencia a la penetración según la escala de Montenegro, (1990), (Tabla: 6). Lo que es característico de zonas compactadas que impiden un normal desarrollo de la raíz con los consiguientes problemas para el crecimiento de las plantas (Ruiz, 1998).

Tabla 5. Comparación de medias DUNCAN para penetrabilidad.

Tratamiento	Labranzas	Muestreo Antes de labranza
LTM	Tradicional Mecanizada	3,92 A
LTMCN	Trad. Mec. Curvas de Nivel	3.54 A
LB	Tradicional con bueyes	3.77 A
LM	Labranza mínima	3,74 A
LG	Guachado	3,47 A

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

Tabla: 6 Escala de resistencia del suelo

Resistencia	Valor en MPa
Ninguna	0-1.5
Leve	1.5-2.5
Media	2.5-3.5
Alta	3.5-4.5
Extrema	>4.5

Fuente: Montenegro 1990

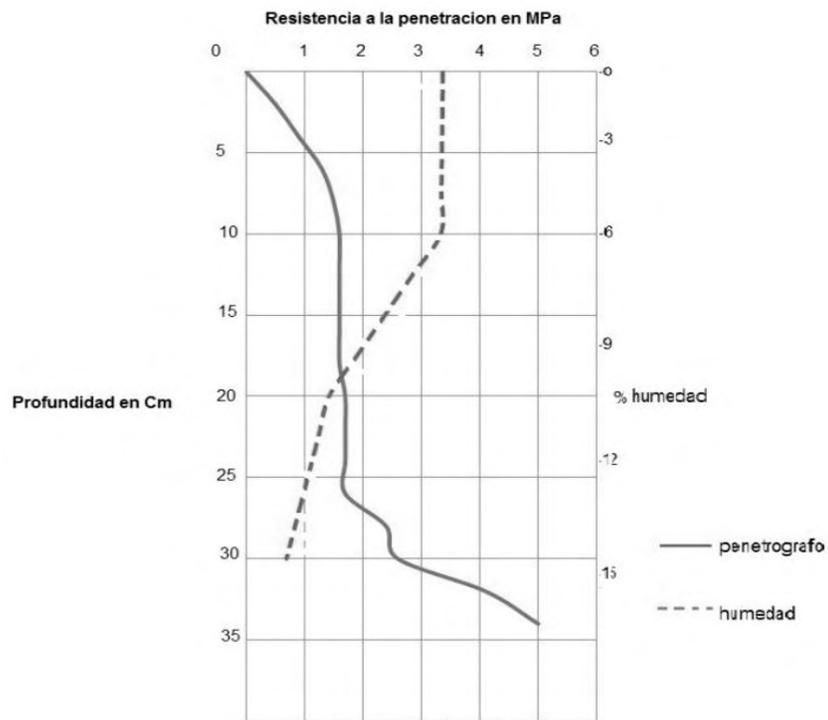


Figura: 7. (LG: labranza de guachado)

Con lo anterior se deduce que las labranzas utilizadas modificaron el estado de compactación del suelo, debido a que esto depende en gran parte del diseño, tipo de implemento, el número de pasadas, la dirección y la labranza. Por lo tanto, cualquier

cambio en la distribución de tamaño de agregados y en la estabilidad estructural, como consecuencia de la labranza, afecta la infiltración, la capacidad de almacenaje de agua por el suelo, la penetración y el crecimiento de las raíces, (Amézquita,2001).

La menor resistencia a la penetración (3,47 MPa) presentada por la labranza guachado, la cual mantiene la porosidad del suelo en niveles adecuados menores al 65%, a diferencia de la labranza tradicional mecanizada la cual obtuvo los mayores valores de resistencia a la penetración (3,92) evidenciaron una notable compactación del suelo, lo cual se debe posiblemente al cambio en la distribución de agregados en la parte superficial, generando perfiles poco permeables entre los 5 - 30 cm originando deficiencias en el sistema radicular con poca penetración de raíces y disminución de la capacidad de retención de agua, favoreciendo con esto la escorrentía y la erosión superficial, Yepes *et al*, (2003); resultados similares presento Chagas, (1994) quien encontró aumento en la penetrabilidad en labranza cero en los primeros centímetros; esto debido a que estos suelos contienen más de 30-35% de arcilla y son por lo general coherentes y forman agregados estables de los suelos, los cuales son resistentes al impacto de las gotas de lluvia y a la erosión por dispersión (Kirkby, 1984).

Producción y Calidad. En la Tabla 7, se muestran los resultados del ANDEVA realizado para la producción del cultivo de papa variedad Capiro obtenida en los diferentes sistemas de labranza evaluados. Se observa que existen diferencias estadísticas de las producciones obtenidas entre los tratamientos y bloques.

Tabla 7. ANDEVA para Producción.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	12,01	6	2	1,55	0,1795*
Tratamiento	5,45	4	1,36	1,06	0,3875*
Bloque	6,56	2	3,28	2,55	0,088*
Error	68,34	53	1,29		
Total	80,35	59			

CV: 64,89

s = No significativo

* = Diferencias estadísticas significativas (95%)

Tabla 8. Prueba de DUNCAN por tratamiento para Producción en t.ha⁻¹, de los diferentes sistemas de labranza.

Tratamiento	Labranzas	Producción (t.ha-1)
LTM	Tradicional Mecanizada	17,04 A
LTMCN	Trad. Mec. Curvas de Nivel	18 A
LB	Tradicional con bueyes	19,44 A
LM	Labranza mínima	24,36 A
LG	Guachado	26,16 A

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

Tabla 9. Prueba de DUNCAN por bloque para Producción en t.ha⁻¹, de los diferentes sistemas de labranza.

Bloque	Medias
1	16,8 A
2	21,12 AB
3	25,8 B

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

En la prueba de DUNCAN, tabla 8 y 9, se observa que no existen diferencias estadísticas de las producciones obtenidas entre las labranzas y los bloques, sin embargo la mejor respuesta en cuanto a volumen en la producción (Figura 9) se presentó en la labranza Guachado (LG) y Mínima (LM), quienes mostraron los mejores promedios de producción de papa con 26.16 y 24.36 t.ha⁻¹ respectivamente. Las labranzas tradicionales mecanizadas (LTM, LTMCN) junto con la labranza con bueyes (LB) presentaron producciones bajas en comparación con los demás tratamientos, con valores en su orden de 17, 18.08 y 19.38 t.ha⁻¹. Estos rendimientos, obtenidos con los sistemas de labranza son similares a la

producción del departamento la cual, según FINAGRO, (2011) es de 19.1 t.ha⁻¹ y también al promedio nacional de 19.3 t.ha⁻¹.

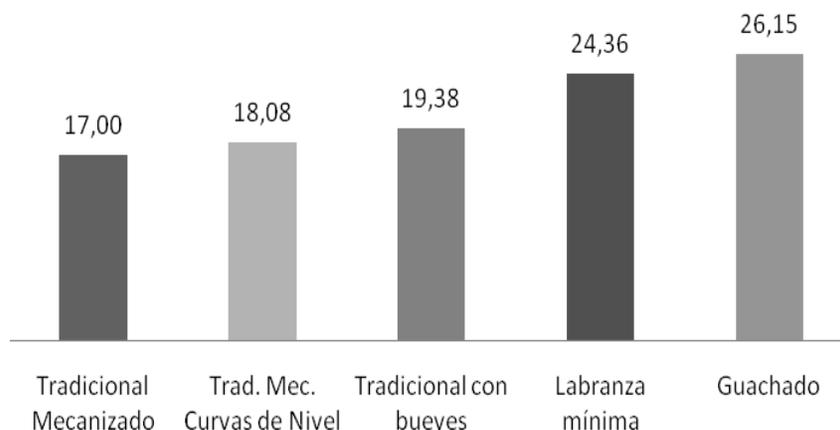


Figura 9. Producción (t.ha⁻¹) obtenida, en los diferentes sistemas de labranza.

Generalmente la alta variabilidad del rendimiento indica una alta heterogeneidad dentro del lote evaluado, debido a que se presentaron mejores valores de producción en las partes bajas de los bloques, al parecer por el arrastre de la capa superficial del suelo en la parte superior, acompañado de una mezcla del subsuelo con el suelo superficial, por lo que se hace necesario seguir monitoreando las modalidades de labranza implementadas en este suelo mostrando alternativas acordes de estos suelos de ladera en Nariño.(Ruiz, H y Legarda, L. 2002).

Por otra parte y como se observa en la figura 10, los mejores datos de calidad de producción los arrojo la labranza mínima, al obtener un total de 245 bultos/50 kg de papa tamaño grande (“Cero” mayor de 371 g), y 160 bultos/50 kg de papa mediana, las cuales son altamente valoradas en el mercado nacional.

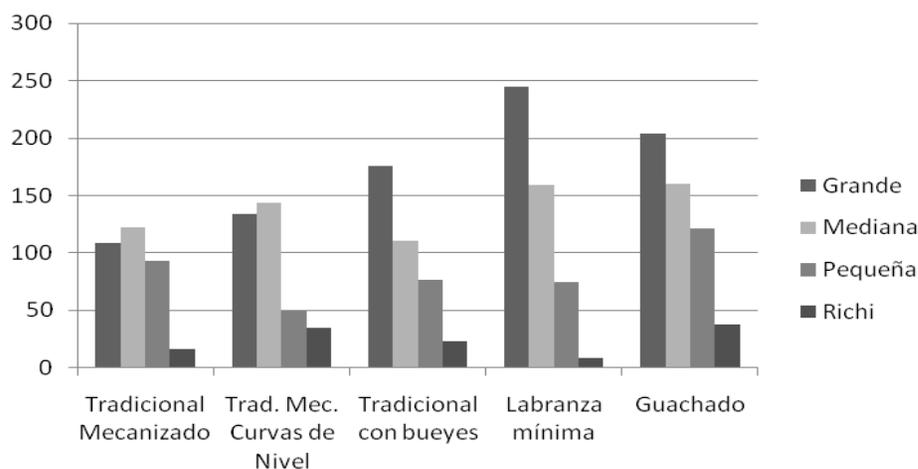


Figura 10. Descripción de la producción en Bultos.ha⁻¹ de los diferentes sistemas de labranza.

La producción correspondiente a la labranza guachado aunque presentó la mayor cantidad de papa producida tuvo una calidad de tubérculos mala, esto pudo deberse a que no se removió homogéneamente el suelo y no proporcionó a la semilla un espacio para su desarrollo Castillo, (2002), siendo las parcelas con el mayor el número de papas denominadas “richi” o pequeños (tubérculos de 40 g, 12.6 bultos), influyendo notoriamente en el precio de venta. De igual forma se presentó con las labranzas mecanizadas y con la labranza tradicional con bueyes, esto debido al alto grado de compactación y desplazamiento de suelo ocasionado por la maquinaria agrícola y por los animales.

Análisis económico. En la Tabla 10, se presentan los costos de producción del cultivo de papa en hectáreas, donde se presentan los más altos costos de producción con las labranzas tradicional en curvas de nivel (LTCN) y labranza en guachado (LG) con valores de \$5.603.500 y \$5.578.500 respectivamente, esto debido especialmente al trabajo de trazado en curvas de nivel del suelo en la primera y al gasto de jornales en las siembra y tapada en la segunda. Posteriormente tenemos que la labranza tradicional con mecanizada a favor de la pendiente (LTM) también presentan altos costos de producción con un valor de \$5.575.000 debido especialmente al alquiler de la maquina la cual se realiza por horas. Las

labranzas realizadas con animales (LM y LB) presentaron los menores gastos, en este trabajo obtuvieron valores iguales en costos de producción de \$5.453.500.

Tabla 10. Costos de producción de los sistemas de labranza.

COSTOS VARIABLES		Tradicional Mecanizado		Trad. Mec. Curvas de Nivel		Tradicional con bueyes		Labranza mínima		Guachado	
Detalle	Unid.	No	valor	No	valor	No	valor	No	valor	No	valor
Nivelación, curvas de nivel	Jornal	0	0	2	20000	2	20000	3	75000	2	20000
Arado	Horas	5	125000	5	125000	2	50000	2	20000	0	0
Rastrillado	Horas	4	100000	4	100000	1	25000	0	0	0	0
Siembra y tapada	Jornal	10	100000	10	100000	10	100000	10	100000	30	3000000
Deshierba, aporque y abonada	Jornal	15	150000	15	150000	15	150000	15	150000	15	150000
Fumigaciones	Jornal	20	200000	20	200000	20	200000	20	200000	20	200000
Cosecha	Jornal	40	400000	40	400000	40	400000	40	400000	40	400000
Total Mano de obra (\$)			1075000		1095000		945000		945000		1070000
Insumos Total (\$)			3930000		3938500		3938500		3938500		3938500
Otros (\$)			70000		70000		70000		70000		70000
SUBTOTAL (\$)			5575000		5103500		4953500		4953500		5078500
COSTOS FIJOS											
Arrendamiento del lote	Ha	1	500000	1	500000	1	500000	1	500000	1	500000
SUBTOTAL (\$)			500000		500000		500000		500000		500000
COSTOS TOTALES			5575000		5603500		5453500		5453500		5578500

El ingreso Bruto (precio de producto * producción) muestra la inestabilidad en la oferta de la papa lo que ocasiona variaciones significativas en sus precios (tabla 11).

Tabla 11. Resumen de la rentabilidad obtenida en cada tratamiento.

Tratamiento	Costos de Producción (\$/ha-1)	Rendimiento (Ton.ha-1)	Ingreso Bruto (\$)	Ingreso neto (\$)	Rentabilidad (%)
Tradicional mecanizado	5.575.000	17,00	5.575.000	0	0 %
Tradicional Mecanizado C.N	5.603.500	18,08	5.919.540	316.040	5,6 %
Tradicional con bueyes	5.453.500	19,38	6.352.678	899.178	16 %
Labranza mínima	5.453.500	24,36	7.980.223	2.526.723	46 %
Guachado	5.578.500	26,16	7.528.500	1.950.000	35 %

Las mejores rentabilidades se mostraron en las labranzas mínima y guachado (LM y LG), con valores de 46 y 35% respectivamente debido a una mínima preparación del suelo, que involucra una menor disturbación (menor desplazamiento de suelo), calidad y producción obtenida, en comparación con las labranzas de bueyes y las mecanizadas), lo anterior sumado a un mejor precio de venta puede ser una buena alternativa para estos suelos de ladera. Estos resultados fueron similares a los reportados por Rodríguez (1999) quien trabajo con tres sistemas de preparación de suelo donde encontró que el mayor rendimiento se obtuvo con labranza cero en el cultivo de la papa.

Por otra parte la implementación del guachado aunque ocasiona un incremento en el número de jornales necesarios para la preparación del suelo, equivalente a dos veces más el valor de esta labor en el sistema manual y en el sistema con tractor, contribuye a la generación del empleo rural. (CORPOICA, Regional 5, 2002).

CONCLUSIONES

Los sistemas de labranza mostraron resultados similares estadísticamente en cuanto al desplazamiento del suelo los cuales fluctuaron entre 6.36 y 6.27cm para la labranza tradicional mecanizada a favor de la pendiente y la labranza guachado respectivamente.

El suelo preparado con labranza tradicional mecanizada a favor de la pendiente, fue el de mayor valor de resistencia a la penetración (3.92MPa)

En el tratamiento, labranza guachado se obtuvieron los mayores rendimientos (26,15 t.ha⁻¹), en tanto que la mejor calidad se obtuvo en labranza mínima.

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, 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.

AMÉZQUITA E., 2001. Las propiedades físicas y el manejo productivo de los suelos para cultivos de alto rendimiento. Palmira. SCCS.

AMÉZQUITA, E. 1991. Efecto de la labranza en algunas propiedades físicas del suelo andino. Suelos Ecuatoriales. Bobota, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. V. 21 No. 1 p. 68-75.

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.

BARRERA, L. 1998. La fertilidad de los suelos en clima frío y la fertilización de cultivos. En: Fertilización de suelos diagnóstico y control. Santa Fe de Bogotá, Colombia. 447p.

CASTILLO, E. 2002. Efectos de la compactación de suelos y estrés mecánico sobre el desarrollo foliar y radicular, rendimiento en grano y toma de nutrientes. VI congreso venezolano de la ciencia del suelo.

CEVIPAPA, 2005. Anuario Estadístico 2010. www.cevipapa.org.

CIP, Centro Internacional De La Papa. 1998. La papa en cifras: producción, uso, consumo, comercialización.

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (CORPOICA). 2002. Regional 5. Siembra de papa en guachado. San Juan de Pasto, Tipografía Cabrera. 152 p.

DERCON G., GOVERS G., POESEN J., SANCHEZ H.,ROMBAUT K., VANDENBROECK E., LOAIZAG., DECKERS J. 2007. Animal - powered tillage erosion assessment in the southern Andes region of Ecuador. *Geomorphology* 87:4-15.

DESCANCE, M. y DÍAZ D., 2005, Influencia de dos sistemas de labranza vertical y el sistema de guachado sobre algunas propiedades físicas de un suelo de ladera, bajo el cultivo de papa (*Diacol capiro*), en el departamento de Nariño, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas 97 p.

ESPINAL, F, MARTÍNEZ, H. 2006. La cadena de la papa en Colombia, una mirada de su estructura y dinámica 1991-2005. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

FAO, 2000. www.fao.org.2011

FAUCK, R. 1975. Erosion and mechanization. In: Greenland, D.J. and Lal, R., eds. Conservation and management in the humid tropics. Chichester, John Wiley. Pp. 189-193.

HOWELER, H., R. Prácticas de Conservación de Suelos para Cultivos Anuales. In: Manejo y Conservación de Suelos de Ladera (Memorias del Primer Seminario sobre Manejo y Conservación de Suelos. Junio 14 a 16 de 1984, Cali Colombia). S.C.C.S. 1984. Pp. 77 - 93.

IDEAM, 2011. Sistema de Información Ambiental de Colombia.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. IGAC, 2004. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras Departamento de Nariño. Cap. 3 Descripción de los Suelos. Bogotá (Colombia).

MALAGON, D. propiedades físicas de los suelos. Bogotá, Colombia. IGAC. 1990. 813p.

MEHUYS, G. *et al.* Erosión por labranza con arado de disco en suelos volcánicos de ladera en Costa Rica. 2009. En: [www.mag.go.cr/rev agr/inicio.htm](http://www.mag.go.cr/rev_agr/inicio.htm)

MINAGRICULTURA, (2012).Reporte anual cultivos de clima frio. En: www.minagricultura.gov.co

MONTENEGRO, H. 1990. Propiedades físicas de los suelos. IGAC, Colombia. 409 p.

MUÑOZ, J., MARTÍNEZ, L. y GIRALDO R.2006. Variabilidad espacial de propiedades edáficas y su relación con el rendimiento en un cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*). Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 13 p.

RODRÍGUEZ, M. 1986.Reducción de la labranza en el cultivo de papa. Pasto, ICA, Colombia. 13 p.

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, p15-20.

RUIZ H., AMEZQUITA E., LEGARDA L., ARTEAGA G. DESCANCE, M. D. Y DIAZ, D. Dinámica de la erosión del suelo, bajo tres modalidades de labranza cuantificada a través del microrelievimetro, bajo cultivo de papa en el departamento de Nariño, Colombia. Revista de Ciencias agrícolas. 20 (1-2): 90 – 97.

RUIZ, H, 1998. Efecto de cuatro sistemas de labranza, en el mejoramiento de algunas propiedades físicas de un vertisol cultivado intensamente en el Valle del río Cauca. Tesis de grado M. Sc en ciencias agrarias con énfasis en suelos. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, 178p.

RUIZ H., LEGARDA L., AMEZQUITA E., ARTEAGA G. CEBALLOS D. Y HERNANDEZ O. 2002. Dinámica de la erosión del suelo bajo cuatro sistemas de labranza, cuantificada a través del microrelievimetro en suelos paperos del departamento de Nariño. Revista de ciencias agrícolas (Colombia) XIX (1-2) Colombia.

POLIMENI. 2000. Contabilidad de costos, concepto y aplicación para la toma de decisiones generales. Tomo I 2da Edición.

SUAREZ, F. 1982. Informe técnico sobre causas y control de la erosión en el área del Corregimiento de Mondomo. CVC, Cali, 15p.

YEPES, B. 2002. Siembra de Papa en guachado. Corpoica. No 2-5. Disponible en: www.redepapa.org.

YEPES, B. *et al.* 2003. Boletín de la Papa. Corpoica. No 7. Disponible en: www.redepapa.org.