

**EFECTO DE LA LABRANZA SOBRE LAS PROPIEDADES FISICAS EN UN
ANDISOL DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

**THE EFFECTS OF FARMING ON THE PHISICAL PROPERTIES OF ANDISOL
SOIL IN THE DEPARTAMENT OF NARIÑO**

Deisy Ceballos V. ¹

Oscar Hernández I. ²

Jorge Vélez L. ³

RESUMEN

En el corregimiento de Chimangual, municipio de Sapuyes, el suelo ha sido sometido a un sistema de labranza excesiva por varios años, la cual consiste en la aplicación de labores culturales tradicionales a favor de la pendiente con el uso de arados de discos o vertederas que hacen que el suelo se desplace hacia la parte baja de los lotes; debido a esta situación la presente investigación constituye una evaluación preliminar del efecto de dichas labranzas sobre algunas propiedades físicas del suelo. Esta zona está situada a una altura de 3150 msnm, temperatura 10° C y una precipitación de 964 mm/año, se evaluó densidad aparente, conductividad hidráulica, porosidad total, distribución de poros y penetrabilidad bajo tres sistemas de labranza (convencional, reducida y mínima), en dos direcciones de surcado (a favor y en contra de la pendiente) en un terreno de ladera dedicado al cultivo de papa, en tres épocas de evaluación. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar en arreglo de parcelas divididas.

Al evaluar densidad aparente, conductividad hidráulica, porosidad total, macroporosidad y microporosidad no se presentaron diferencias estadísticas significativas, sin embargo al

¹Estudiante Ingeniería Agronómica Universidad de Nariño. E-mail: oscar_ibarra12@yahoo.es

²Estudiante Ingeniería Agronómica Universidad de Nariño. E-mail: deisyceballos@gmail.com

³Profesor catedrático. Ingeniero Agroforestal, M.Sc. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. E-mail: jvelezlozano@gmail.com

evaluar penetrabilidad se presentaron diferencias significativas para la dirección de surcado, siendo el sistema a favor de la pendiente el que presentó mayor resistencia a la penetración en relación al sistema en contra de la pendiente. La mesoporosidad presentó diferencias estadísticas significativas para la interacción labranzas por dirección de surcado donde la labranza convencional en contra de la pendiente mostró mayores porcentajes de mesoporos.

Palabras claves: penetrabilidad, mesoporosidad, macroporosidad, microporosidad

ABSTRACT

In the district of Chimangual town, municipality of Sapuyes, the soil has been submitted to a system of excessive tillage by farmers for several years, which consists of the application of traditional cultural work in the downward direction of the slope with the use of plow disks or Landfills to make the soil move towards the bottom of the lots, due to this situation this investigation is a preliminary assessment of the impact of such crops on some of the physical properties of soil. This zone is situated at an altitude of 3150 msnm, has a temperature of 10 ° C and rainfall of 964 mm / year, apparent density, hydraulic conductivity, total porosity, pore distribution and penetrability under three tillage systems (conventional, reduced and minimum), were assessed in two directions furrowed (in the downward direction of slope and against of slope) in a field devoted to the cultivation of hillside potatoes, in three seasons of evaluation. We used an experimental design of complete blocks administering treatments at an arrangement of divided parcels.

In assessing apparent density, hydraulic conductivity, total porosity, macroporosity and microporosity statistically significant differences were shown, however, to assess penetrability there were significant differences in the direction of the furrows, with the system in the downward direction of the slope presenting the greatest resistance to penetration compared with the system against the slope. The mesoporosity presented

statistically significant differences for interaction in the direction of furrowed crops where conventional farming against the slope showed higher percentages of mesopores.

Key words: penetrability, mesoporosity, macroporosity, microporosity

INTRODUCCION

En la zona Andina colombiana se desarrolla la mayor parte de la actividad agropecuaria del país, la cual ha estado sometida durante años a una presión de laboreo y manejo que ha ocasionado una fuerte degradación de sus suelos (Tamayo e Hincapie, 1995). Es así como, en la zona productora de papa del departamento de Nariño es común observar el proceso erosivo al cual se llevan los suelos de ladera debido en gran parte al manejo convencional de la labranza que se efectúa generalmente con arados de discos o vertedera complementada con una labranza secundaria con rastrillos, haciendo que la poca capa productiva del suelo en las partes altas se desplace con el tiempo aflorando en muchas ocasiones el horizonte B (Ruiz, *et al*, 2002). Además en estas zonas, la mayoría de los agricultores utilizan prácticas culturales inadecuadas como siembras a favor de la pendiente que conllevan a la disminución de la capa arable por posibilitar erosión del suelo gracias a la acción de la lluvia y a la que se produce por el viento en temporada seca, las cuales deterioran las propiedades físicas del suelo perdiendo así una capa rica de elementos esenciales para el desarrollo de las plantas.

En ese orden de ideas, la labranza es un proceso dinámico que causa profundos cambios en las propiedades físicas de los suelos las cuales persisten por tiempo variable, dependiendo del suelo y del clima y que pueden afectar fuertemente a los cultivos. Además, inciden sobre la estabilidad estructural, factor determinante de una adecuada distribución de la porosidad que influye en el perfil de humedad y el intercambio gaseoso, los cuales posibilitan que las raíces exploren el suelo para proveer a la parte aérea de los nutrientes y agua necesarios para el desarrollo (Venialgo *et al*. 2002).

Al respecto, Rodríguez (1985) señala que la intensidad de las operaciones de labranza tiende a la deformación del arreglo de poros del suelo y en consecuencia eleva la densidad aparente y disminuye su estabilidad estructural; así mismo, factores como el contenido de materiales orgánicos, la textura y el origen del suelo determinan los valores que puede tomar la densidad aparente.

Bajo las anteriores circunstancias la presente investigación se realizó con el fin de evaluar algunas propiedades físicas del suelo en tres sistemas de labranza (convencional, reducida y mínima), bajo dos direcciones de surcado (a favor y en contra de la pendiente), en tres periodos de evaluación en la granja experimental de la Universidad de Nariño, corregimiento de Chimangual, municipio de Sapuyes.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en el corregimiento de Chimangual, municipio de Sapuyes en la Granja Experimental de propiedad de la Universidad de Nariño; la cual se encuentra a una altura de 3150 msnm con una temperatura promedio de 10°C y una precipitación pluvial de 964 mm/año (CEVIPAPA, 2002)

Se seleccionó un área de 4050 m² sobre la cual se trazó tres bloques de 45 m x 30 m (1350 m² /bloque); en cada bloque se trazaron tres parcelas, de 15 x 15 m (225 m²/parcela). Se trabajó con un diseño experimental de bloques completos al azar en arreglo de parcelas divididas con tres tratamientos, dos subtratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos corresponden: labranza convencional (dos pases de arado de disco, dos rastrilladas, surcado y siembra), reducida (dos pases de rastras de púa, surcado y siembra) y mínima (aplicación de herbicida, surcado y siembra), mientras que los subtratamientos son dos direcciones de surcado (a favor y en contra de la pendiente).

La toma de muestras se realizó en tres épocas: antes de la preparación (15 días), después de la preparación (45 días) y después de la cosecha (15 días). En las muestras de suelo se analizó la densidad aparente, la cual se llevó a cabo por medio de cilindros de PVC con suelos sin disturbar (Forsythe, 1980), la conductividad hidráulica donde se utilizó el permeámetro de cabeza constante midiéndose el volumen del agua que se filtro en un determinado tiempo a través de una muestra sobre la cual se mantuvo un nivel de agua constante, empleándose la fórmula, deducida a partir de la Ley de Darcy, descrita por Montenegro y Malangón (1990):

La porosidad total se obtuvo mediante la relación entre densidad aparente y densidad real a partir de la formula descrita por Forsythe (1980):

$$PT = \left(1 - \frac{\text{Densidad aparente}}{\text{Densidad real}} \right) \times 100$$

La distribución de poros se la realizó equilibrando las muestras a una columna de 75 cm. de succión en la mesa de tensión y a 1000 y 1500 cm. (1 y 15 bares) de succión en las ollas y platos de presión. (Pla, 1977). Para evaluar la penetrabilidad se utilizó el penetrógrafo de pistón Eijkelkamp con el cual se graficó la resistencia del suelo expresada en MPa. por la profundidad en centímetros del punto tomado.

Los datos se sometieron a análisis de varianza, pruebas de comparación de medias de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza para densidad aparente, conductividad hidráulica y porosidad total en tres períodos de evaluación no mostró diferencias estadísticas significativas entre

labranzas, entre dirección de surcado, ni para la interacción labranzas por dirección de surcado (tabla 1).

Tabla 1. Análisis de varianza para densidad aparente, conductividad hidráulica y porosidad total en tres épocas de evaluación en la granja experimental Chimangual, municipio de Sapuyes

F.V	G.L	C.M								
		Densidad aparente			conductividad hidráulica			Porosidad total		
		Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3
Bloques	2	0.0098666 ^{ns}	0.000116 ^{ns}	0.008905 ^{ns}	0.156516 ^{ns}	0.2394055 ^{ns}	0.9630722 ^{ns}	57.0641555 ^{ns}	4.4821500 ^{ns}	18.3218388 ^{ns}
Labranzas	2	0.0222816 ^{ns}	0.003650 ^{ns}	0.009155 ^{ns}	0.795466 ^{ns}	0.6457550 ^{ns}	0.2851055 ^{ns}	24.3640722 ^{ns}	13.1904500 ^{ns}	15.4818722 ^{ns}
Error A	4	0.000683	0.010716	0.019930	18.38283	0.8219492	0.2141388	143.490.805	217.423.250	269.178.305
Dirección surcado	1	0.028005 ^{ns}	0.033800 ^{ns}	0.012272 ^{ns}	0.920272 ^{ns}	0.7577073 ^{ns}	0.0056888 ^{ns}	23.4840888 ^{ns}	57.7096055 ^{ns}	8.5146888 ^{ns}
Labranza* Dirección	2	0.001938 ^{ns}	0.010016 ^{ns}	0.007355 ^{ns}	0.593888 ^{ns}	0.3051871 ^{ns}	0.7367722 ^{ns}	21.4865388 ^{ns}	10.9256055 ^{ns}	12.0881055 ^{ns}
Error B	6	0.015511	0.028761	0.007777	0.7890833	16.929.022	0.5744944	105.759.722	587.338.222	134.589.666
Total	17									

ns: No significativo

*: Significativo $\leq 0,05$

Lo anterior indica que las propiedades físicas determinadas no son afectadas por incrementos o disminuciones de los promedios, debido a que los cambios dependen más de la frecuencia y la intensidad de las labores de preparación; al respecto Ruiz, *et al* (2005), afirman que los sistemas de labranza tracción animal-chuzo, cincel vibratorio y guachado no mostraron efecto sobre las propiedades físicas del suelo ni en su detrimento, ni en su mejoramiento debido a la estabilidad del suelo y al trabajo a corto plazo, de igual manera Ingaramo, Paz y Dugo (2003) al evaluar la densidad aparente sobre dos sistemas de laboreo (Convencional y Cero) en un cultivo de maíz y sorgo durante 1 año, no encontraron diferencias estadísticas significativas, sin embargo manifiestan que existe una clara tendencia de encontrar mayores valores en los tratamientos con labranza convencional, a diferencia de los tratamientos sin labores previas a la siembra (labranza cero).

Al contrario del presente estudio, Castilla (1999) en ensayos realizados en Campoalegre (Huila), al evaluar la densidad aparente bajo 6 sistemas de labranza comprobaron que hubo diferencias significativas con el uso de cincel vibratorio donde la densidad aparente disminuyó a un valor de $1,36 \text{ Mgm}^{-3}$ de $1,51 \text{ Mgm}^{-3}$ que se obtuvo al iniciar el ensayo al contrario de la labranza cero donde los valores de densidad aparente estuvieron alrededor de $1,49 \text{ Mgm}^{-3}$ de $1,51 \text{ Mgm}^{-3}$ que fue la inicial. En general, los valores de densidad aparente que se obtuvo están por debajo de la densidad máxima de suelos arenosos compactados de $1,8 \text{ Mgm}^{-3}$ descrita por Narro (1994), lo cual es un indicativo de que no hay compactación en ninguno de los suelos a los cuales se aplicaron los diferentes sistemas de labranza y dirección de surcado; es importante destacar que los contenidos de materia orgánica pueden contribuir para que el suelo tenga valores de densidad aparente que no signifiquen condiciones adversas para el normal desarrollo de los cultivos.

Los resultados de la conductividad hidráulica oscilaron entre $0,68 \text{ cm/h.}$ a $4,26 \text{ cm/h.}$, alcanzando un promedio de $1,57 \text{ cm/h.}$; los cuales se encuentran dentro de los valores moderados ($0,51$ a $12,7 \text{ cm/h}$) (Forsythe, 1980). El anterior comportamiento se debe posiblemente a que por ser una evaluación preliminar, aun no se observen cambios que permitan determinar el mejor sistema de preparación del suelo, al respecto, Gavande (1986) manifiesta que las variaciones serán significativas solo si las prácticas de labranza son excesivas. De igual manera, Guerrero (1990) sostiene que la capacidad que tiene un suelo de permitir el paso de agua se ve afectado solo si se mantiene un sistema de labranza por varios años que permitan el cambio en la estructura del suelo a través de un número excesivo de labores o preparación del terreno.

Los resultados de porosidad total, oscilaron entre $78,4$ y $58,3\%$ con un promedio de $67,3\%$, según CORPOICA (1998), porcentajes superiores al 70% pueden ocasionar pérdida de nutrientes de suelo, debido a los fenómenos de lixiviación.

García (1994) considera que si un terreno es cultivado durante varios años la porosidad total de un suelo si puede cambiar. Al respecto Charry (1997), al realizar la comparación

entre las porosidades de un suelo virgen, y uno cultivado, afirma que los suelos sometidos a cultivos por muchos años, manifiestan una reducción del 25% de su porosidad y en casos extremos, cuando se emplea maquinaria pesada sin las precauciones necesarias, la reducción de la porosidad total puede llegar al 50%

Contrario a lo anterior Castro y Amezquita (1991), al realizar estudios sobre la porosidad total sobre sistemas de labranza y producción de cultivos en suelos algodoneros del Tolima encontraron diferencias con el uso de labranza profunda, en suelos con limitaciones físicas, donde se presentó un aumento en el porcentaje de porosidad total, almacenamiento de humedad y espacio aéreo y una disminución en la densidad aparente con relación al uso de labranza convencional

En la distribución de poros el análisis de varianza para macroporos y microporos (tabla 2) no mostró diferencias significativas entre labranzas, dirección de surcado, ni para la interacción labranzas por dirección de surcado.

Tabla 2. Análisis de varianza para macroporos, mesoporos y microporos en tres épocas de evaluación en la granja experimental Chimangual, municipio de Sapuyes

F.V	GL	C.M								
		Macroporos			Mesoporos			Microporos		
		Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3
Bloques	2	323.403 ^{ns}	115.072 ^{ns}	56.0751 ^{ns}	21.498 ^{ns}	6.0561 ^{ns}	0.7240 ^{ns}	237.37 ^{ns}	71.551 ^{ns}	66.823 ^{ns}
Labranzas	2	71.9405 ^{ns}	1.5589 ^{ns}	49.562 ^{ns}	15.382 ^{ns}	6.2632 ^{ns}	0.3247 ^{ns}	37.34 ^{ns}	1.623 ^{ns}	45.67 ^{ns}
Error A	4	249.074	9.7013	137.47	17.974	19.080	2.2267	310.57	43.650	149.93
Dirección surcado	1	171.310 ^{ns}	21.758 ^{ns}	1.5488 ^{ns}	362.61 ^{ns}	27.256 ^{ns}	0.2367 ^{ns}	35.420 ^{ns}	0.3094 ^{ns}	0.5832 ^{ns}
Labranza* Dirección	2	197.406 ^{ns}	5.2328 ^{ns}	12.963 ^{ns}	13.540 ^{ns}	15.039 ^{ns}	10.575*	303.08 ^{ns}	29.335 ^{ns}	29.060 ^{ns}
Error B	6	163.440	15.2953	98.6180	30.934	3.9725	0.2057	198.027	14.644	97.269
Total	17									

ns: No significativo

*: Significativo $\leq 0,05$

El porcentaje de macroporos tiende a mantenerse constante al transcurrir las tres épocas de evaluación. Al respecto en estudios realizados por Gavande (1986), afirma que la

macroporosidad y la densidad aparente mantienen una estrecha relación donde la estabilidad del suelo por el alto contenido de materia orgánica y su efecto sobre la estructura, y el laboreo no excesivo, el suelo adquiere una alta estabilidad por lo que no es fácilmente alterado por la preparación y en tal circunstancia no permite observarse diferencias.

De igual manera Rivas, Rodríguez y Manrique (1998) al evaluar el efecto de la labranza sobre la macroporosidad encontraron que no hubo diferencia significativa para la variable analizada en las profundidades evaluadas durante un año lo cual permite concluir que la macroporosidad no fue afectada por los métodos de labranza.

Durante las tres épocas de evaluación, el porcentaje de microporos tiende a obtener un comportamiento similar, indicando que son mucho más altos que los valores presentados por Amezcuita (1990) en la relación de macro, meso y microporos; lo cual concuerda con Ruiz, et al (2005), donde menciona que el porcentaje de microporos no es fácilmente alterado por el sistema de preparación a corto plazo y por tal razón no se observan diferencias estadísticas significativas.

El análisis de varianza para el porcentaje de mesoporos (tabla 2), evidencio diferencias estadísticas significativas para la interacción labranzas por dirección de surcado en la tercera época de evaluación, es decir que las labranzas afectan el porcentaje de mesoporos en el suelo de forma diferencial al sembrar el cultivo a favor y en contra de la pendiente.

Al realizar la prueba de comparación de medias (tabla 3) para la interacción labranzas por dirección de surcado evidencia que los mayores porcentajes de mesoporos se observaron al utilizar la labranza convencional en contra de la pendiente; los menores porcentajes de mesoporos se presentaron en el sistema de labranza convencional a favor de la pendiente con valores calculados en 8,22 y 4,93%, respectivamente.

Tabla 3. Prueba de comparación de medias para porcentaje de mesoporos en la tercera época, teniendo en cuenta la interacción labranzas por direcciones de surcado.

<u>Labranza</u>	<u>Dirección de surcado</u>	<u>Grupos</u>
LC	A	8.22 a
LM	B	6.86 ab
LR	B	6.83 ab
LR	A	5.70 bc
LM	A	5.39 bc
LC	B	4.93 c

LC: Labranza convencional

A: En contra de la pendiente

LR: Labranza reducida

B: A favor de la pendiente

LM: Labranza mínima

Medias con la misma letra no presentan diferencia estadística significativa.

Se destaca que hubo disminución en el porcentaje de mesoporos cuando se aplicaron los sistemas de preparación de suelos, siendo en la labranza convencional a favor de la pendiente donde se registró la mayor disminución de este tipo de poros incidiendo de forma negativa en la retención de agua, aireación y exploración de la raíz en el suelo (Andrade, 2000). Además el mismo autor afirma que en un suelo andisol sometido a labranza convencional durante un periodo de 6 años de continua evaluación, se evidenció que al cabo del segundo año disminuyó el porcentaje de mesoporos y se incrementó el porcentaje de microporos presentándose problemas en el desarrollo radical del cultivo de sorgo.

Al contrario de la presente investigación, Martínez (2005), al evaluar tres sistemas de labranza (vertical, siembra directa y convencional), sobre las propiedades físicas del suelo, no se registraron diferencias estadísticas entre los mesoporos, se observó que con la labranza vertical estos tienden a aumentar con respecto a los otros tratamientos; los valores más bajos, fueron registrados con la labranza convencional, lo cual indica que este sistema de labranza muelle el suelo, generando perfiles poco permeables, de baja capacidad de infiltración y con drenaje interno de lento a muy lento

El análisis de varianza para penetrabilidad no mostró diferencias estadísticas significativas para labranzas y para la interacción labranzas*dirección de surcado en las tres épocas de evaluación, sin embargo se evidenciaron diferencias estadísticas significativas para direcciones de surcado en la tercer época (tabla 4)

Tabla 4. Análisis de varianza para penetrabilidad en tres épocas de evaluación en la granja experimental Chimangual, municipio de Sapuyes.

F.V	G.L	C.M			Prob > F		
		Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3
Bloques	2	0.66081667 ^{ns}	0.30605000 ^{ns}	1.04865000*	0.0962	0.0272	0.0039
Labranzas	2	0.34020000 ^{ns}	0.55321667 ^{ns}	0.14971667 ^{ns}	0.2402	0.0071	0.1829
Error A	4	0.046139167	0.31481667	0.31311667	0.1539	0.0180	0.0448
Dirección surcado	1	11.97235556 ^{ns}	0.17013889 ^{ns}	1.12500000*	0.0002	0.0965	0.0061
Labranza*Dirección	2	0.02388889	0.04177222	0.20381667	0.8820	0.4376	0.1183
Error B	6	0.18627778	0.04389444	0.06552778			
Total	17						

ns: no significativo

*: significativo $\leq 0,05$

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey (tabla 5), se detectó que la mayor resistencia a la penetración ocurrió cuando se realizó la dirección de surcado a favor de la pendiente con una media de 2.68 MPa, presentando diferencias estadísticas significativas con relación a la dirección de surcado en contra de la pendiente con un valor de 2,18 MPa.

Tabla 5. Comparación de medias para penetrabilidad en la tercera época de evaluación.

<u>Dirección de surcado</u>	<u>Media M.Pa</u>
B	2.68 a
A	2.18 b

A: En contra de la pendiente

B: A favor de la pendiente

Medias con la misma letra no presentan diferencia estadística significativa

Los valores encontrados en la tercera época sobrepasan el valor de 1,5 MPa. lo cual los ubica en resistencia alta a la penetración, característico de zonas compactadas que impiden un normal desarrollo de la raíz con los consiguientes problemas para el crecimiento de las plantas (Ruiz, 1998).

Lo anterior indica que las siembras en contra de la pendiente tuvieron un efecto positivo en el suelo disminuyendo la resistencia a la penetración, debido posiblemente a la disminución de pérdidas de suelo que ocurren con la labranza; Al igual Stallings citado por Peña (1994) en un estudio realizado en Guthrie, Oklahoma, sostiene que el cultivo en contorno redujo la resistencia a la penetración y las pérdidas de suelo en un 50% y el escurrimiento superficial en un 12 %, en laderas con inclinación de 7 %, comparado con labranza a favor de la pendiente, donde estos patrones de labranza y siembra actúan como terrazas en miniatura que contienen el flujo, facilitando una mayor infiltración en el perfil del suelo.

CONCLUSIONES

La penetrabilidad, presentó diferencias estadísticas significativas para los subtratamientos (dirección de surcado), siendo el sistema de siembra a favor de la pendiente el que mostró mayor resistencia a la penetración con relación al sistema de siembra en contra de la pendiente.

En la distribución de poros para macro y microporosidad no se presentaron diferencias estadísticas significativas, sin embargo el porcentaje de mesoporos evidenció diferencias estadísticas significativas en la tercera época, consiguiéndose mayores promedios cuando se realizó la preparación del suelo con el sistema de labranza convencional en contra de la pendiente.

Para las variables densidad aparente, conductividad hidráulica y porosidad total, no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre labranzas, dirección de surcado ni para la interacción labranza por dirección de surcado.

BIBLIOGRAFIA

AMEZQUITA, E. 1989. Algunas consideraciones agroclimáticas y edáficas para uso y manejo integral de suelos. CNI, ICA. Bogotá, Colombia. 128 p.

ANDRADE, C. 2000. Pesquisador Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG, Brasil, 122 p.

CASTILLA, L. 1999. Evaluación de diferentes sistemas de labranza para la siembra de arroz. Suelos Ecuatoriales, Revista Colombiana de la Ciencia del Suelo. 29(2): 196 – 197.

CASTRO, H. y AMEZQUITA, E. 1991. Sistemas de labranza y producción de cultivos en suelos con limitantes físicas. Suelos Ecuatoriales, Revista Colombiana de la Ciencia del Suelo. 21(1): 98 - 99.

CEVIPAPA. 2002. Implementación de un área piloto para el mejoramiento de la productividad de papa criolla *Solanum phureja* destinada a procesamiento y exportación en el corregimiento de La Victoria municipio de Ipiales (Nariño). <http://www.cevipapa.org.co/cultivo/publicaciones/publicaciones.php>. 1p.; consulta: agosto de 2008

CHARRY, J. 1987. Naturaleza y propiedades físicas de los suelos. Universidad Nacional, Palmira, Colombia., 202 p.

CORPOICA. 1998. Que sabes sobre el cultivo de papa, 500 preguntas sobre el cultivo de papa, Bogotá. (Cartilla). 1998. 11p

FORSYTHE, W. 1980. Física de suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica. 179 p.

GARCIA, B. 1994. Manejo de suelos. Actualización técnica para la modernización del cultivo de trigo en el departamento de Nariño. CORPOTRIGO, Pasto, Colombia. 98 p.

GAVANDE, S. 1986. Física de suelos. Tercera edición, Limusa-Willey, México, 342 p.

GUERRERO, L. 1990. Propiedades físicas de los suelos. IGAC. Bogotá. 699 p

INGARAMO, O., PAZ, A. y DUGO, M. 2003. Evaluación de la densidad aparente en diferentes sistemas de laboreos de 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: enero de 2008

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=2065212RD97JV7&seq. 2 p.; consulta septiembre de 2007

MONTENEGRO, H; y MALAGON, D. 1990. Propiedades Físicas de los Suelos. IGAC, Colombia. 1990. 409 p.

NARRO, E. 1994. Física de suelos con enfoque Agrícola. Trillas. México. 53 p.

PEÑA, L. 1994. Misceláneas Agrícolas. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agropecuarias Forestales, Departamento de Ingeniería y Suelos, Suelos una visión actualizada del recurso. En: Publicaciones No. 38. Chile, http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_agronomicas/miscelaneasagronomicas38/ 2 p.; consulta: agosto de 2008

PLA, I. 1977. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 111 p.

RIVAS, E., RODRIGUEZ, M. y MANRIQUE, U. 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. En: Agronomía Tropical 48. Monagas, Venezuela, http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/Agronomia%20Tropical/at4802/arti/rivas_e.htm. 1 p.; consulta: noviembre de 2007.

RODRIGUEZ, M. 1985. Reducción de labranza en el cultivo de la papa. Pasto, ICA, Colombia. 13 p.

RUIZ, H., AMEZQUITA, E., LEGARDA, L., 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, Colombia. *Revista de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño*. 19(1-2): 23 - 36

RUIZ, H., AMEZQUITA, E., LEGARDA, L., ARTEAGA, G., DESCANCE, M. y DIAZ, D. 2005. 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 intensivamente en el valle geográfico del río Cauca. Tesis de grado M.Sc. en Ciencias Agrarias con Énfasis en Suelos, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 178 p.

TAMAYO, A. e HINCAPIE, M. 1995. Manejo de suelos en los minifundios de ladera de la región Andina mediante la rotación de cultivos establecidos en franjas en las curvas a nivel. p. 9-15. En: Informe Congreso del proyecto Colciencias. La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia.

VENIALGO, C., INGARAMO, O., IBALO, S. y BANZHAF, G. 2004. Índice de cono, humedad presente y densidad aparente en diferentes labranzas y rotaciones. Universidad Nacional del Nordeste, Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. UNNE, Argentina, <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2004/5-A> 3 p.; consulta: febrero 2008.