

**EVALUACION DE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS DE UN ANDISOL EN  
SIETE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN INTEGRAL SOSTENIBLE CON PAPA EN  
EL ALTIPLANO DE PASTO - NARIÑO<sup>1</sup>**

**EVALUATION OF SOME PHYSICAL IN ANDISOL PROPERTIES IN SEVEN  
INTEGRAL SUSTAINABLE PRODUCTION SYSTEMS WITH POTATO IN THE  
HIGH LANDS OF PASTO- NARIÑO<sup>1</sup>**

Ingry Lorena Zamudio C. <sup>2</sup>

Jesús Antonio Castillo F. <sup>3</sup>

**RESUMEN**

El objetivo del presente estudio fue evaluar algunas propiedades físicas iniciales de un Andisol en diferentes sistemas productivos integrales sostenibles con papa (*Solanum tuberosum* V. *suprema*), desarrollado en la granja experimental FEDEPAPA en el Corregimiento de Obonuco, Municipio de Pasto. Para la evaluación se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres (3) repeticiones con un arreglo factorial; sistema productivo por profundidad del suelo con siete tratamientos establecidos en una ladera en descanso por más de 15 años: 1. Pasto- Papa, labranza tradicional y fertilización química, 2. Pasto-Papa, labranza tradicional y fertilización química más enmienda orgánica, 3. Pasto-Papa, Barrera de pasto Brasileiro. Labranza tradicional. Fertilización química, 4. Papa-Pasto, Rotación de cultivos, Barrera de pasto Brasileiro, Labranza tradicional, Fertilización química. 5. Papa-Papa, Rotación de cultivos, Barrera de Mora (*Rubus glaucus benth*), Labranza mínima, Fertilización química. 6. Papa-Papa, Rotación de cultivos, Barrera de Mora (*Rubus glaucus benth*), Labranza tradicional, y fertilización química más

---

<sup>1</sup> Artículo del Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Agroforestal.

<sup>2</sup> Ingeniero Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. Colombia. [ingrylorena@gmail.com](mailto:ingrylorena@gmail.com)

<sup>3</sup> Ingeniero Agrónomo, Ph.D. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. Pasto. Colombia. [jacf1995@gmail.com](mailto:jacf1995@gmail.com)

enmienda orgánica, 7.Parcela libre de vegetación. El experimento, se realizó un suelo franco, con clasificación taxonómica Andisol, *vitric haplustands*, ambc, estableciendo las mediciones iniciales en cada uno de los sistemas para hacer comparaciones futuras. Las variables evaluadas fueron: Textura, estabilidad de agregados, densidad real, densidad aparente, porosidad total, distribución del tamaño de agregados, estabilidad de agregados en agua, capacidad de campo y punto de marchitez permanente. Los resultados indican que se encontraron diferencias significativas estadísticas ( $p < 0.05$ ) para el factor de profundidad (15-30cm), para la variable estabilidad de agregados en partículas con diámetro mayores a 2mm, sin encontrar diferencias estadísticas entre los factores de sistema ni para su interacción. Los resultados sugieren un comportamiento inicial similar de las propiedades físicas estudiadas en cada uno de los sistemas debido posiblemente al poco tiempo de uso de cada uno de ellos.

**PALABRAS CLAVE:** propiedades físicas, sistemas de manejo, sostenibilidad, Andisol.

### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate some physical properties of soil in different production systems sustainable integrated with potato (*Solanum tuberosum* V. supreme), developed between July and April 2010, at the experimental farm FEDEPAPA in Corregimiento of Obonuco, Municipality of Pasto. For the evaluation it was used an experimental design of randomized complete block with three (3) repetitions with a factorial arrangement, productive system for soil depth with seven treatments set on a hillside at rest for more than 15 years: 1. Pasto-potato, tillage and chemical fertilization, 2. Pasto-potato, tillage and chemical fertilization plus organic amendment, 3. Pasto-potato, barrier Brazilian grass. Tillage. Chemical fertilization, 4. potato-Pasto, rotation of crops, grass Barrera Brazilian, traditional tillage, chemical fertilization. 5. Papa-Papa, crop rotation, blackberry barrier (*Rubus glaucus* Benth), minimum tillage, chemical fertilization. 6. potato-potato, crop rotation, blackberry barrier (*Rubus glaucus* Benth), traditional tillage and chemical fertilization more organic amendment, 7. parcel vegetation

free. The experiment was carried out in a clay loam soil with Andisol, *vitric haplustands*, ambc, taxonomic classification, establishing measurements in each of the systems for future comparison. The variables evaluated were: texture, aggregate stability, particle density, bulk density, total porosity, aggregate size distribution, aggregate stability in water, field capacity and permanent wilting point. The results show that concerning the physical parameters assessed statistical significant difference ( $p < 0.05$ ) for the depth factor (15-30cm), for variable aggregate stability in particles with a diameter greater than 2mm, and found no statistical differences between system factors nor their interaction. The results allow to understand the relationship of similar behavior of the physical properties studied.

**KEY WORDS:** physical properties, management systems, sustainability, andisol.

## **INTRODUCCION**

El suelo es un sistema integral, dinámico y abierto, responde a causas (factores ambientales) que, en el tiempo y en el espacio, generan efectos diferenciables de los materiales a partir de los cuales se forma. Como resultado de lo expresado, la acepción del concepto suelo como cuerpo natural, esta referida a su composición (sólido, líquido, gases), localización espacial (superficie de la corteza terrestre). Malagon (2003).

El suelo trópico húmedo de Colombia, interactúan sistémicamente con otros componentes para mantener una determinada exuberancia natural, propia. Sus ecosistemas son los que determinan características de productividad y estabilidad y definen su estado de degradación. El uso agrícola del suelo implica una aceleración de la mineralización, de tal manera que la materia orgánica preexistente disminuye rápidamente. (Rasmusen y Collin, 1991).

Las prácticas agrícolas tradicionales con movimiento de suelo promueven el aceleramiento en las tasas de erosión; que desplaza el suelo irreversiblemente en el sentido de la pendiente

y el arado de discos de tracción mecánica, por consiguiente, con una disminución en la productividad del suelo (Tapia, 2000).

La mayor evidencia de la degradación de los suelos de ladera de Nariño se presenta en la reducción acelerada de la capa orgánica y desde luego de la profundidad efectiva hasta afloramientos del subsuelo o presencia de calvas. Los suelos en estas condiciones son fácilmente saturados con la lluvia y muy susceptibles al escurrimiento, Rodríguez (1984).

La estabilidad de agregados es una medida de la vulnerabilidad de los agregados del suelo frente a, fuerzas externas destructivas, a la cantidad y tipo de contenido de materia orgánica, logrando formarse, desintegrarse y re-agregarse periódicamente, permitiendo considerar, que a medida que transcurran los años, bajo el mismo manejo, las propiedades físicas del suelo presentarán posibles cambios en el tamaño de sus agregados, (Kemper, 1966) (Hillel, 1982) (Tate, 1995).

Oldeman *et al.* (1990), señalan que la pérdida de suelo por erosión hídrica a nivel global, es el problema más grave de degradación, que tiene que enfrentar la sociedad moderna. Por otro lado, Mendivelso *et al.* (1998) indican que el 83% de la zona Andina Colombiana posee algún grado de erosión. Estas dos referencias, llevan a concluir que los adelantos que se logren en el conocimiento, de las causas y comprensión del proceso erosivo pueden contribuir de manera útil al control de este grave fenómeno de degradación.

Amezquita, *et al.* (2001), consideran la importancia de las propiedades físicas del suelo, porque estas pueden ser degradadas fácilmente mediante prácticas inadecuadas y requieren de largos periodos de tiempo para su recuperación.

El objetivo del presente trabajo es evaluar algunas propiedades físicas del suelo cuando son sometidos a diferentes practicas de manejo a través del establecimiento de diferentes sistemas productivos integrales sostenibles con papa (*Solanum tuberosum* V. *suprema*), en el altiplano de Pasto – Departamento de Nariño, especialmente los sistemas tradicionales

quienes influyen en el tiempo disminuyendo su capacidad de productividad, dentro del macro proyecto: “Desarrollo y Evaluación de prácticas de fertilización en unidades productivas integrales sostenibles con papa en la zona Andina del Departamento de Nariño”, cofinanciado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR, Universidad de Nariño y FEDEPAPA.

## **MATERIALES Y METODOS**

El estudio se realizó en la Granja Experimental FEDEPAPA – Obonuco, Municipio de Pasto, ubicado a 1°13' latitud Norte y 76°16' longitud Oeste, con altitud 2720 msnm, temperatura promedio 13°C, precipitación anual aproximada de 900mm/año distribuidos en un sistema bimodal (Mera y Zamora, 2003), una humedad relativa de 87.5%. Zona de vida bosque seco montano premontano (bs - Pm), con suelos de reacción fuertemente ácida en el horizonte superior y de moderada a ligeramente ácida a mayor profundidad, alta capacidad catiónica de cambio, alta saturación de bases, altos contenidos de carbono orgánico, mediano contenido de fósforo y fertilidad química alta. Morfológicamente, los suelos presentan un perfil A-B-C. El horizonte A es muy grueso, de 88 cm de espesor, de colores pardo grisáceo y gris muy oscuro, texturas francas y estructura granular y en bloques angulares y subangulares, fina y media y oscuro, pardo grisáceo muy oscuro, pardo amarillento, gris y gris pardusco, texturas francas y franco arcillosas; le sigue el horizonte Cr, de roca intemperizada. Taxonómicamente corresponden a una consociación *vitric haplustands*, ambc fase moderadamente inclinada, originados de cenizas volcánicas (IGAC, 2004).

Los sistemas productivos estudiados corresponden: Pasto - papa – pasto: cobertura inicial con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), posteriormente periodos de papa (*Solanum tuberosum* V *suprema*), finalizados los ciclos de papa nuevamente pasto. Labranza tradicional (mecánica) y fertilización química.

Pasto - papa – pasto: cobertura inicial con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), posteriormente periodos de papa (*Solanum tuberosum* V suprema), finalizados los ciclos de papa nuevamente pasto. Labranza tradicional (mecánica), fertilización química más enmienda orgánica (Gallinaza 3Tn/ha).

Pasto - papa – pasto: cobertura inicial con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), posteriormente periodos de papa (*Solanum tuberosum* V suprema) con barrera de pasto brasilero (*Phalaris sp*), finalizados los ciclos de papa nuevamente pasto. Labranza tradicional (mecánica), fertilización química.

Pasto - papa – rotación de cultivos: cobertura inicial con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), posteriormente periodos de papa (*Solanum tuberosum* V suprema) con barrera de pasto brasilero (*Phalaris sp*), finalizados los ciclos de papa se realizó rotación de cultivos con arveja (*Pisum sativum*), labranza tradicional (mecánica). Fertilización química.

Pasto - papa – rotación de cultivos: cobertura inicial con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), posteriormente periodos de papa (*Solanum tuberosum* V suprema), con barrera de mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*), finalizados los ciclos de papa se realizó rotación de cultivos con arveja (*Pisum sativum*), labranza mínima, fertilización química.

Pasto - papa – rotación de cultivos: cobertura inicial con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), posteriormente periodos de papa (*Solanum tuberosum* V suprema), con barrera de mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*), finalizados los ciclos de papa se realizó rotación de cultivos con arveja (*Pisum sativum*), labranza tradicional (mecánica), fertilización química más enmienda orgánica (Gallinaza 3 Tn/ha).

Parcela Desnuda: parcela permaneció, libre de vegetación.

Para su análisis estadístico se empleó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA), con un arreglo factorial, un análisis de varianza ( $p \leq 0,05$ ), distribuida en dos

componentes: sistema - profundidad y la interacción sistemas por profundidad. Para comparar los promedios de sistemas o interacciones se utilizó el programa estadístico SAS, y mirar el grado de variabilidad entre las variables analizadas, tomando muestras disturbadas con tres (3) repeticiones por sistema a dos profundidades (0 - 15 y 15 - 30), completando un total de 42 muestras de aproximadamente 500g que se conservaron en bolsas plásticas.

En muestras volumétricas se determinó las curvas de retención de humedad a diferentes puntos, 0 cm, 75 cm y 0.33 y 15 bar, para calcular capacidad de campo y punto de marchitez permanente (0 – 30 cm) en los diferentes tratamientos. (IGAC, 2006).

Tabla 1. Metodología empleada para determinar el valor de las variables físicas de suelo propuestas en el estudio.

<b>VARIABLE</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>REFERENCIAS</b>
<b>Densidad aparente</b>	Volumen de cilindro conocido	IGAC (1990)
<b>Densidad real</b>	Picnómetro	IGAC (2006)
<b>Porosidad total</b>	$(1 - D_a/D_r) * 100$	IGAC (2006)
<b>Estabilidad de agregados</b>	Yoder modificado	1936
<b>Textura</b>	Hidrómetro	Bouyoucos 1927
<b>Distribución de Agregados</b>	Kemper y Rosenau	1986

## RESULTADOS Y DISCUSION

El Análisis de Varianza, presenta diferencias estadísticas significativas para profundidad, por tamaño de partículas mayores de 2mm, sin encontrar diferencias entre sistemas ni en su interacción (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de varianza para tamaño de agregados de mayores a 2mm de suelo, evaluados en siete sistemas productivos en el Centro Experimental FEDEPAPA, Obonuco 2009 - 2010.

### CUADRADO MEDIO

FUENTE DE VARIACION	GL	Agregados de 2mm	Agregados de 0.85mm	Agregados de 0.5mm	Agregados de 0.25mm
Modelo	27	740.2646	44.8128	39.9420	56.1218
Repetición	2	1842.7627 <sup>ns</sup>	105.5962 <sup>ns</sup>	96.6385 <sup>ns</sup>	143.0280 <sup>ns</sup>
Sistema	6	895.5009 <sup>ns</sup>	54.7580 <sup>ns</sup>	47.1642 <sup>ns</sup>	65.7850 <sup>ns</sup>
Repetición- Sistema	12	904.3183	55.0875	50.0096	69.3238
Profundidad	1	26.9440*	2.8757 <sup>ns</sup>	0.2577 <sup>ns</sup>	0.6290 <sup>ns</sup>
Sistema* Profundidad	6	8.3082 <sup>ns</sup>	1.0466 <sup>ns</sup>	0.2997 <sup>ns</sup>	0.3349 <sup>ns</sup>
Error	14	5.6042	0.9381	0.2073	0.1489
Total corregido	41				

\* : Indica significancia estadística  $Pr < 0.05$

ns: no significativo

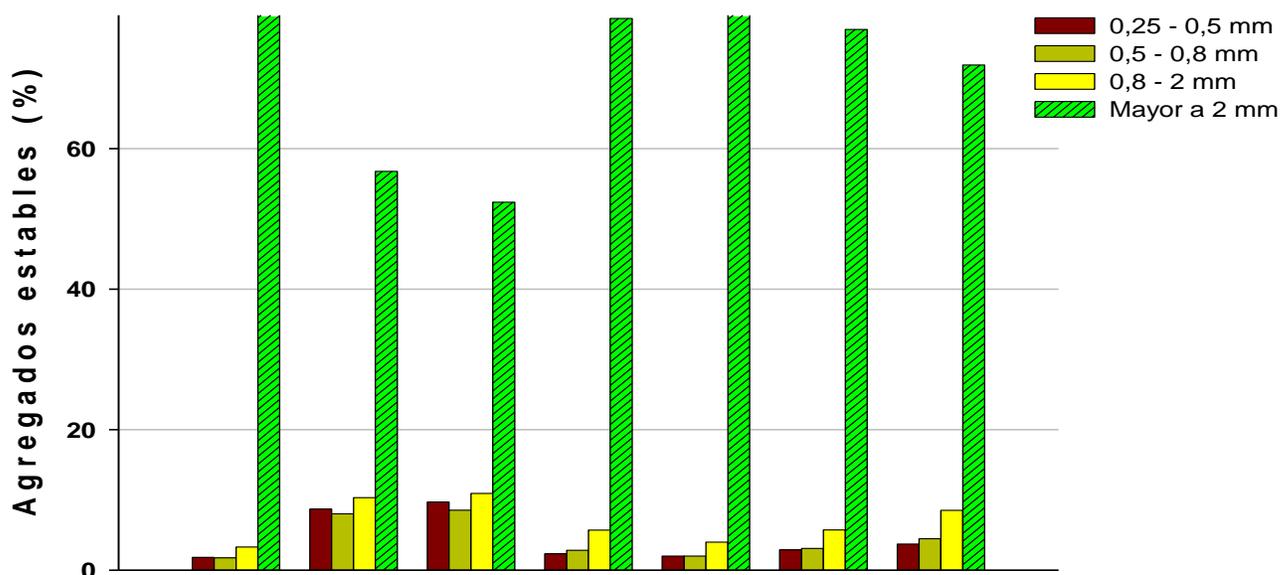
La prueba de comparación de medias de Duncan (Tabla 3), para el factor profundidad, indica que la mayor estabilidad de agregados mayores a 2mm se encuentran de (15 – 30 cm), con un valor calculado de 72.38%, diferenciándose estadísticamente de la profundidad (0 – 15 cm), correspondiente a 70,78%.

Tabla 3. Promedio de tamaño de agregados por profundidad del suelo evaluados para siete sistemas productivos en el centro Experimental FEDEPAPA, Obonuco 2009 - 2010.

Profundidad cm	2 mm
15 – 30	72.3771 a
0 -15	70.7752 b

Esta situación puede deberse a que el suelo mineral presenta una profundidad mayor de 40 cm, con una distribución pareja del contenido de materia orgánica (MO), de 10%. (Bolaños y Solarte, 2009). De igual forma con los sistemas productivos se presenta igual estabilidad estructural en el perfil de suelo donde poco intervienen los implementos de labranza o el cultivo, mostrando con esto que a profundidades de 0 – 15cm, se disminuyen la cantidad de agregados mayores a 2mm, que en la profundidad de 15 – 30 cm.

Figura 1. Distribución de agregados por tamaño, evaluados en siete sistemas productivos en el Centro Experimental FEDEPAPA, Obonuco 2009 - 2010.



Para las variables relacionadas a los agregados de 0.85mm, 0.5mm y 0.025mm, el Análisis de Varianza no encontró diferencias estadísticas para sistemas, profundidades y la interacción, como lo muestra la figura 1. Este comportamiento probablemente sea porque se trata de medidas en etapas iniciales y el efecto no se ha hecho evidente aun sobre la estructura del suelo teniendo en cuenta que son suelos de contenido MO, adecuada, (Bolaños y Solarte, 2009), que dan cierto grado de estabilidad, de igual manera son suelos que no han sido sometidos a situaciones de manejo drásticas como el uso intensivo de implementos de labranza de tracción animal o de tracción mecánica, y además presenta periodos de mas de 15 años de descanso con pasturas.

En general, mayores cantidades de agregados estables son mejores para la calidad del suelo protegiendo, la materia orgánica, las arcillas, los óxidos de aluminio, hierro, carbonatos de calcio y sodio intercambiable; todos constituyentes del suelo (Kemper, 1986), haciendo decrecer la erodabilidad edáfica, mejorando el movimiento del agua y del aire (los agregados incrementan la cantidad de espacio de poros grandes), para el desarrollo radicular y el hábitat de los organismos del suelo (Young *et al*, 1984).

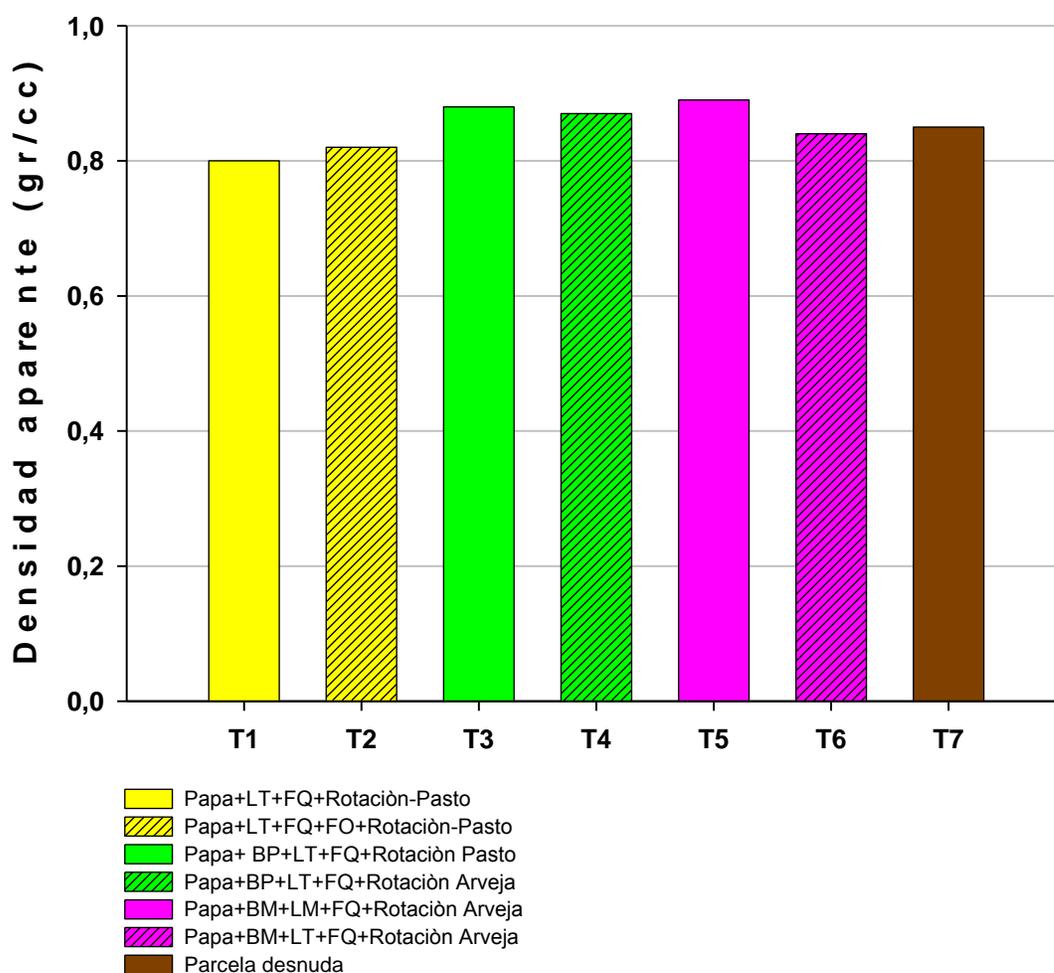
En la misma situación se encontró que la degradación estructural del suelo esta relacionada con la erosión del suelo, con el cultivo y las practicas de manejo; cuando la estructura se degrada (agregados menores a 0.5 mm de diámetro) las relaciones aire-agua se ven afectadas.

Según, (Montenegro y Malagon, 1990) agregados entre 1 y 3mm de diámetro presentan las mejores condiciones de aireación, infiltración, retención de humedad, penetración radical.

De acuerdo con Gavande (1986), las condiciones físicas óptimas para el crecimiento de las plantas se encuentran en suelos con agregados de 2mm y la mayor estabilidad estructural en un porcentaje alto de agregados mayores de 2mm. En la taxonomía de suelos (Soil Survey Staff, 1975) a estos agregados se les denominan como “fragmentos gruesos”.

Al respecto Rodríguez (1984), encontró decrecimiento de la estabilidad estructural, con la profundidad del suelo, debido a la disminución de materia orgánica en el perfil del mismo en un lote bajo cultivo, comparado con un suelo de bosque y de pradera, y menor estabilidad estructural en un suelo cultivado con maíz que cultivado con arveja.

Figura 2. Densidad aparente evaluada en siete sistemas productivos en el centro Experimental FEDEPAPA, Obonuco 2009 - 2010.



Los valores promedios de la Densidad Aparente (Da) (Figura 2), evaluados para cada sistema se encuentran entre valores de 0,80 y 0,89 g/ cm<sup>3</sup>, correspondientes a los sistemas

1. Pasto – papa – pasto, labranza tradicional fertilización química y 5. Pasto – papa – rotación de cultivos, con barrera de mora de castilla, labranza mínima y fertilización química, respectivamente, con lo que se puede inferir que estos valores se encuentran en un rango de densidades bajas.

Según Plasentis (1992), los suelos derivados de cenizas volcánicas, generalmente presentan densidades aparentes (Da), bajas entre 0.2 y 0.8 g/ cm<sup>3</sup>. Situación similar se presentó la densidad aparente (Da), dentro del experimento, la cual fue en promedio equivalente a 0.85 g/cm<sup>3</sup>. El decremento en la densidad aparente al aumentar la profundidad de muestreo se explicaría por los mayores contenidos de materia orgánica presentes en las capas de los suelos (Álvarez y Barraco, 2005).

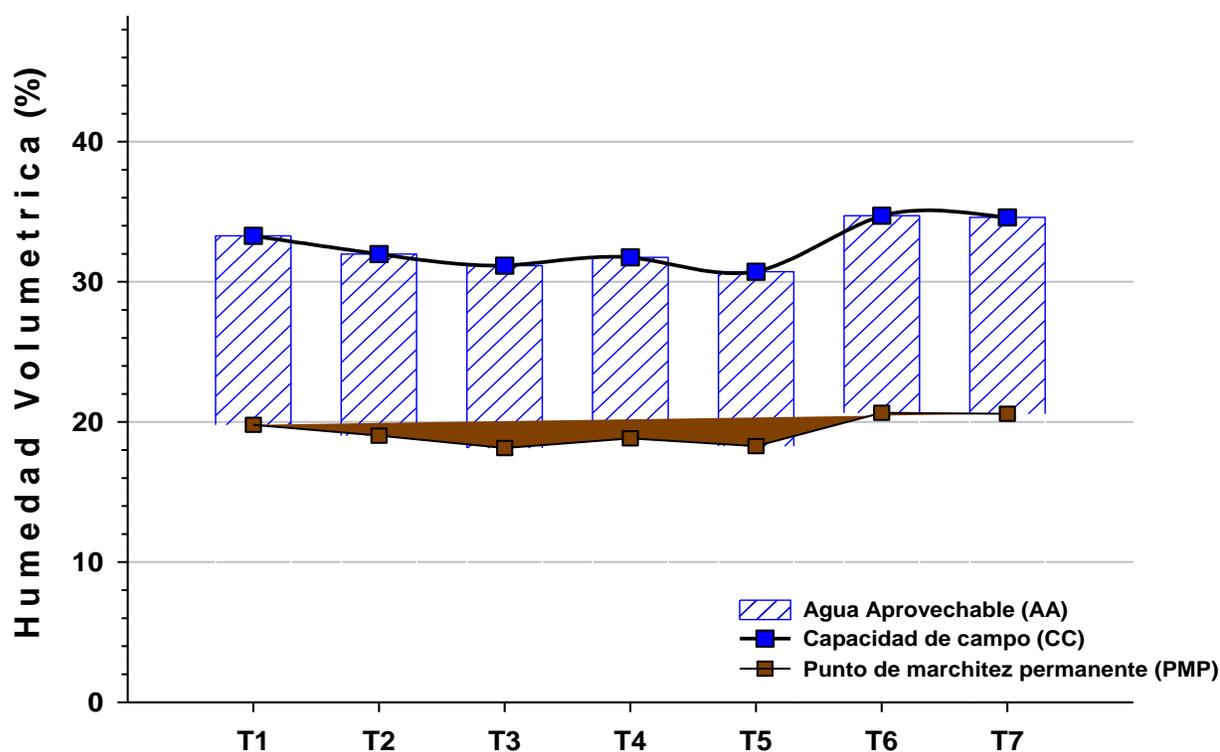
Martínez *et al.*, (2008), afirman que la densidad aparente está relacionada con el contenido de materia orgánica puesto que a un mayor contenido de ésta se aumenta el volumen y disminuye la densidad (Da), especialmente donde los materiales alofánicos afectan el desarrollo estructural del suelo.

La densidad aparente (Da), es una propiedad que varía con la condición estructural del suelo. Esta condición puede ser alterada por el establecimiento de cultivos, pisoteo de animales, maquinaria agrícola, y clima, como el causado por impacto de las gotas de lluvia, estratos compactados del suelo tienen altas densidades aparentes, restringen el crecimiento de las raíces e inhiben el movimiento del aire y el agua a través del suelo. Típicas densidades aparentes del suelo fluctúan entre 1.0 y 1.7 g/cm<sup>3</sup> y generalmente aumentan con la profundidad en el perfil (Arshad *et al.*, 1996).

IGAC (1989), encontró en suelos del sur oriente de Nariño, densidades aparentes entre 0,78 y 1,05 g/ cm<sup>3</sup> y explica su incremento con el intenso laboreo y la reducción del volumen aparente del suelo.

Montenegro y Malagón (1990), también señalan que se puede establecer una relación entre la densidad aparente y la porosidad del suelo, siendo de 55 a 62% la porosidad para densidades entre 1.0 y 1.2 g/cm<sup>3</sup>.

Figura 3. Promedio de retención de agua en capacidad de campo, punto de marchitez y agua aprovechable, evaluada en siete sistemas productivos en el Centro Experimental FEDEPAPA, Obonuco 2009 - 2010.



Los porcentajes de capacidad de campo y punto de marchitez para cada uno de los sistemas evaluados se presentan en la figura 3, indicando que los porcentajes más altos se encontraron en los sistemas 6. Pasto - papa – rotación de cultivos: cobertura inicial con pasto, barrera de mora castilla, labranza tradicional, fertilización química más enmienda orgánica, con un 34.72%, y 7. parcela libre de vegetación, con 34.60%, 1. Pasto - papa – pasto: cobertura inicial con pasto kikuyo, labranza tradicional y fertilización química, con

un 33.28%, y los de menores porcentajes están 5. Pasto - papa – rotación de cultivos: cobertura inicial con pasto, barrera de mora castilla, labranza mínima, fertilización química, con un 30.72% y 3. Pasto - papa – pasto: cobertura inicial con pasto kikuyo, labranza tradicional, fertilización química con un 31.15%.

De acuerdo con Montenegro y Malagón (1990), la humedad aprovechable se encuentra directamente relacionada con el contenido de materia orgánica del suelo, con la textura y la estructura. Para el sistema 5. Pasto – papa – rotación de cultivos, con barrera de mora, labranza mínima y fertilización química, su humedad aprovechable fue de 12,44 y para el sistema 6. Pasto – papa – rotación de cultivos, labranza tradicional y fertilización química mas enmienda orgánica, su agua aprovechable es de 14,06, lo cual se clasifica como alto y medio, según lo afirma Montenegro y Malagón (1990), rangos entre 10 y 15% para calificar el contenido de agua del suelo y como optima para el cultivo establecido de papa según, Rodríguez (1984), quien encontró que la humedad aprovechable es dependiente del sistema de rotación. Para el cultivo de papa se presenta una humedad aprovechable del 14,64%.

Por lo tanto la humedad aprovechable para el experimento, no presenta variabilidad ubicándose, dentro del rango aceptable, debido a que esta depende del sistema. Por su parte Rodríguez (1984) y Betancourth (1989) en suelos de Pasto, encontraron promedios de humedad aprovechable equivalentes a 4,18 y 9,73%, rangos considerados como bajos.

Rodríguez (1984), en un lote cultivado con 5% de materia orgánica (MO), encontró valores promedio de 9.7% en agua aprovechable, igualmente alta correlación de la humedad aprovechable con la densidad aparente.

Rodríguez (1984), en un periodo de cuatro años, logró encontrar un efecto de la reducción de labranza y del tipo de cultivo sobre la retención de humedad a 1/3 de bar y a 15 bares, sobre la cantidad de agua aprovechable, indicando que a medida en que se reduce la labranza se incrementa la cantidad de agua aprovechable para la planta. Al respecto Betancourth (1989), encontró en el cultivo de frijol, que mediante labranza tradicional

necesitó cuatro riegos, mientras con labranza mínima, solo se hicieron necesarios dos. Por otra parte los cultivos de maíz y trigo, incidieron negativamente sobre el agua aprovechable, mientras que arveja y papa fueron más favorables.

A 15 bares se encuentra retención de humedad entre 18.14% y 20.66% para los tratamientos 3 y 6 respectivamente, valores mayores cercanos son reportados por Rodríguez (1984), con un promedio de 29,14% y alta correlación de la densidad aparente con la retención a capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

Lo cual sugiere que hasta esta etapa de la investigación y debido a la estabilidad del suelo poco alterada no presenta modificaciones tampoco en la porosidad; por esto en la capacidad de retener agua a diferentes niveles de succión, se encuentra sin presentar variabilidad.

La porosidad del suelo está íntimamente relacionada con la agregación y con la estructura. De la porosidad dependen importantes propiedades y procesos físicos en los suelos como la retención y el movimiento del agua, la aireación, la transferencia de oxígeno en el medio radical y la facilidad con que las raíces puedan penetrar en el suelo (Legarda, 1989).

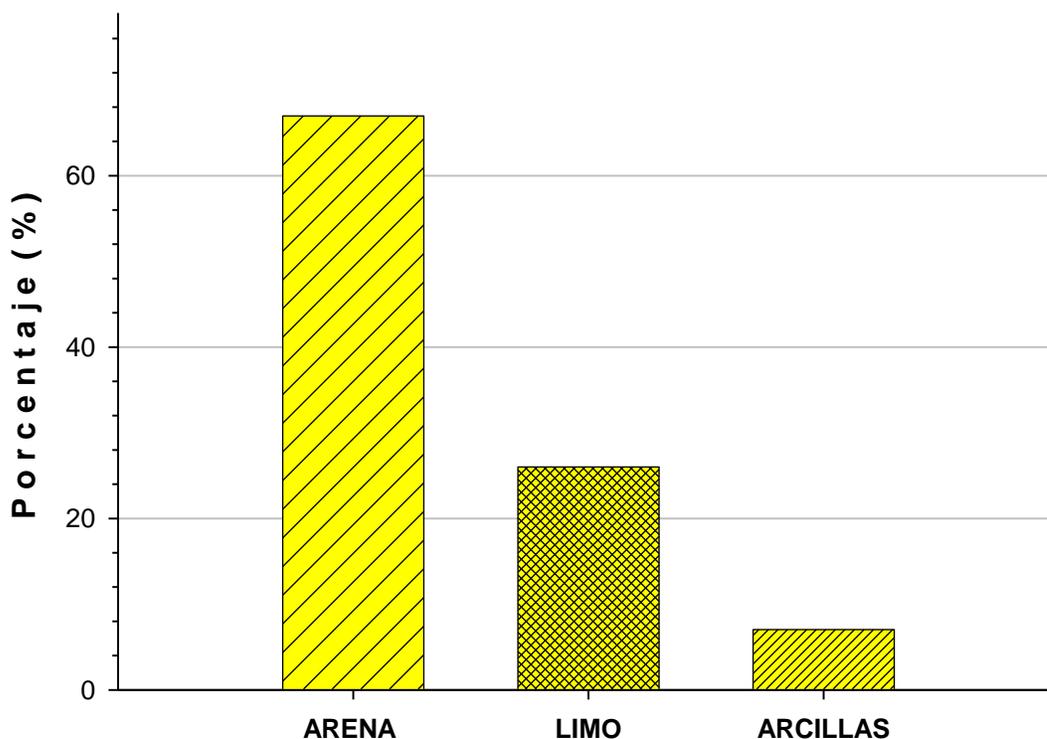
Dentro del rango normal para el crecimiento de las plantas establecido por Montenegro y Malagon (1990), la porosidad total está entre 30 y 60%, el cual depende de la textura principalmente, para motivos de este estudio la porosidad total se encuentra en un 60% y se logra establecer como una porosidad media alta, indicando con esto un rango normal para el desarrollo radicular de las plantas.

Quiroga y Bono (2008), han comprobado que pequeños cambios en los contenidos de materia orgánica pueden modificar significativamente las características y funcionamiento del sistema poroso y consecuentemente la eficiencia de uso del agua pluvial.

Suárez *etal.*, (1986), afirma que en los horizontes orgánicos la porosidad total se encuentra entre 44 y 66%, siendo media a alta y resulta mejor en los suelos altos en contenido de materia orgánica que a su vez determina menor densidad real y densidad aparente.

Mientras que Forsythe (1975), citado por Legarda (1989), manifiesta que los suelos derivados de cenizas volcánicas tienen valores de porosidad total entre 70 y 80%. Los valores bajos pueden estar relacionados con el deterioro producido por la exagerada preparación de los suelos y por el contenido bajo de materia orgánica.

Figura 4. Porcentajes de arenas, limos y arcillas, en siete sistemas productivos en el Centro Experimental FEDEPAPA, Obonuco 2009 - 2010.



Con relación a la textura, que específicamente se refiere a las proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la tierra tamizada y con diámetro inferior

a 2mm. Suelos Manual de Reconocimiento de (Soil Survey Staff, 1975). Estas se evaluaron por el método de Bouyoucos (1927), y se encontró para el estudio corresponde a clase textural de un suelo franco arenoso, por encontrarse un porcentaje de arenas del 66.96%, limos de 26.29% y arcillas en un 7.52%, como se muestra en la figura 4.

Las clases texturales son el resultado de la experiencia y de investigaciones, son difícilmente modificables mediante labores culturales aunque la aplicación de materiales orgánicos y enmiendas calizas a lo largo de varios años puede alterar levemente esta propiedad. (Cavasos y Rodríguez 1992). La capacidad para almacenar agua en el suelo, su movimiento a través del perfil y en la facilidad de abastecimiento de nutrientes y aire; todos ellos son de gran importancia para las plantas. Esta característica es importante en la clasificación de las tierras con fines de riego y drenaje, en la conservación de suelos, lo cual influye en el manejo de las cuencas hidrográficas según, (Gayoso y Alarcón 1999).

## **CONCLUSIONES**

Los agregados con mejor estabilidad estructural son los que se encuentran en diámetro mayores a 2 mm, a profundidades de 15 – 30 centímetros.

Según el estudio granulometría, por el método del hidrómetro propuesto por Bouyoucos, se determinó que el suelo de estudio clasifica texturalmente franco arenoso, importante para futuros estudios de susceptibilidad a la erosión.

La estabilidad estructural y la densidad aparente ( $D_a$ ), para el estudio sugieren que el grado de degradación de los suelos, y de su relación con el contenido de materia orgánica en su comportamiento. Mostrando con esto que se trata de un suelo con estabilidad estructural adecuada.

La retención de humedad, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y agua aprovechable, se encuentran en rangos promedios normales para el desarrollo radicular de las plantas, en los 7 sistemas evaluados.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Jesús Antonio Castillo Franco I.A, Ph.D presidente de tesis y líder del proyecto “Desarrollo y Evaluación de Prácticas de Fertilización en Unidades Productivas Integrales Sostenibles con Papa en la Zona Andina del Departamento de Nariño”. A Marino Rodríguez I.A, MSc, y Jorge Vélez Lozano I.A, MSc, por su acompañamiento, orientación en todas las fases del proyecto y gran amistad. A los jurados delegados Jorge Fernando Navia y Jairo Mosquera, por su disposición. Y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron para la realización de esta investigación. Este trabajo fue apoyado financieramente por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR, Universidad de Nariño y FEDEPAPA.

## **BIBLIOGRAFIA**

Álvarez, C y Barraco, M. 2005. Efecto de los sistemas de labranzas sobre las propiedades edáficas y el rendimiento de los cultivos. Indicadores de calidad física de suelos. Boletín técnico N° 4: 5 – 14.

Amezquita. Las propiedades físicas y el manejo productivo de los suelos. En: Fertilidad de suelos. Diagnostico y control. 2ed. Bogotá: Editorial Guadalupe. 2001. p.137 – 154.

Arshad, M.A., B. Lowery, and B. Grossman. 1996. Physical tests for monitoring soil quality. P. 123-142. In: J. W.

BETANCOURT, J. Efectos de dos sistemas de labranza mecánica y labranza cero sobre los requerimientos de agua para la producción de frijol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.), en

Pasto Nariño. Tesis I.A, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1989. 100p.

BOUYOUCOS, G. 1927. The hydrometer as a new method for the mechanical analysis of soil. *Soil Sci.* 23:343-353.

CAVAZOS, y RODRIGUEZ. Manual de Practicas de Física de Suelos. México: Trillas. 1992. 99 p.

FORSYTHE, W. Manual de laboratorio de física de suelos. Instituto Interamericano en Cooperación para la Agricultura. (IICA). Costa Rica. 1975. 212 p.

GAYOSO, y ALARCON. Guía de conservación de suelo forestales. Valdivia: Universidad Austral de Chile. 1999. 96 p.

GAVANDE, S. Física de suelos: principios y aplicaciones. Mexico, limusa, 1986. 351 pag.

HILLEL, D. 1982. Introduction to soil physics. 2nd ed. Academic Press, San Diego CA.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. 2004. Estudio general de suelos y zonificación de tierras departamento de Nariño.

INSTITUTO GEOGRÁFICO " AGUSTÍN CODAZZI ". Estudio General de suelos del sur - oriente del departamento de Nariño. Bogotá, Colombia, IGAC, 2006.

KEMPER, W, Y ROSENAU, R. 1986. Aggregate stability and size distribution. In "Methods of Soil Analysis, Part 1". Second Edn. (Ed. A. Klute) pp. 425-442. *Agronomy* 9. (American Society of Agronomy/Soil Science Society of America: Madison, Wisconsin. USA)

LITTLE, T M. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. México, Trillas, 1987. 270p.

LEGARDA, L. Características y manejo de las propiedades físicas de los suelos volcánicos de Nariño. Revista de investigaciones, Universidad de Nariño (Colombia) 3(4): 116-138. 1989.

MALAGON, D. Ensayo sobre tipología de suelos Colombianos – énfasis en génesis y aspectos ambientales – REV. Acad. Colomb. Cienc. 27 (104). 2003.

MARTÍNEZ, E. Evolución de algunas propiedades físicas y químicas de un Mollisol asociadas a manejo en cero labranzas. Santiago de Chile: Universidad de Chile. 2008.

MERA, A y ZAMORA, C. Establecimiento y evaluación inicial del arreglo arboles dispersos en asociación con pasto kikuyo en el altiplano de Pasto. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño. Tesis de grado 2003. 96p.

MONTENEGRO, G y MALAGON, D. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá, Colombia, IGAC, 1990. 813p.

PLASANTES, I. La erodabilidad de los andisoles en Latino América. Suelos ecuatoriales (Colombia) 22(1): 33-43. 1992.

QUIROGA, A y BONO, A. 2008. Manual de fertilidad y evaluación de suelos. INTA: Argentina. 104p.

RASMUSEN y COLLIN. Los suelos: estabilidad, productividad y degradación. 1991.

RODRIGUEZ, M. Influencia de la reducción de las operaciones de labranza y siembra sin labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo, erosión y escorrentía. Tesis M. Sc. Universidad Nacional, Instituto Colombiano Agropecuario, 1984. 142p.

SUAREZ, S., *et al.* Caracterización física, uso, manejo y conservación de algunos suelos de origen ígneo, sedimentario y metamórfico en la zona cafetera del departamento de Huila. CENICAFE (Colombia) 37(2): 41-60. 1986.

TATE, R.L. 1995. Soil microbiology. John wiley & Sons, New York.

TAPIA, V. 2000. Protección de suelos de ladera y erosión hídrica en la cuenca del lago de patzcuaro, Michoacán, México pág. 18- 36.

YODER, R. 1936. A direct method of aggregate analysis and a study of the physical nature of erosion loss. Jour. Amer. Soc. Agron. 28:337-351.

YOUNG, R. 1984. A method of measuring aggregate stability under waterdrop impact. Transactions of the ASAE. 27:1351-1354.