

**EVALUACION DE LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DE UN SUELO  
ANDISOL (*Vitric haplustand*) BAJO DIFERENTES USOS EN EL ALTIPLANO DE  
PASTO**

**EVALUATION OF STRUCTURAL STABILITY OF SOIL ANDISOL (*vitric  
haplustand*) UNDER DIFFERENT USES IN THE HIGHLANDS OF PASTO.**

José D. Ramos,<sup>1</sup> David E. Benavides,<sup>2</sup> Jesús A. Castillo.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, AA 1175. Pasto, Nariño, Colombia. Autor para correspondencia: davram1000@gmail.com.

**RESUMEN**

Este estudio se realizó en la Granja experimental FEDEPAPA - OBONUCO, Municipio de Pasto, Departamento de Nariño, Obonuco está localizado a 1°13' latitud Norte y 76°16' longitud oeste, a una altura de 2.710 msnm, temperatura 13°C, precipitación pluvial anual aproximada de 840mm/año, donde se evaluó la estabilidad estructural de agregados de un suelo andisol frente al impacto de gota de lluvia utilizando un simulador de lluvia tipo gotero, en terrenos con pendientes entre 12 - 38 %. Se obtuvieron muestras de tres sistemas de producción y uso del suelo: sistema papa (*Solanum tuberosum*) en rotación con pasto implementado desde hace 20 años, Banco de proteína Acacia negra (*Acacia melanoxylon*), chilca (*verbessina arborea*) y quillotocto (*Tecoma stans*) implementado desde hace 17 años, y Bosque secundario parte alta con especies nativas. Cada sistema se dividió en tres subparcelas de las cuales se obtuvieron 3 muestras de cada tercio, (producto de 9 muestras al azar de cada subparcela). Mediante tamizado se separo cada muestra en 4 tamaños de agregados de suelo (>2mm, 2-1mm, 1-0.5mm, 0.5-0.25mm) obteniendo 108 muestras. Se utilizo un diseño experimental completamente al azar y el análisis de varianza como modelo estadístico.

Se sometió cada muestra a simulación de lluvia durante 15 minutos para determinar pérdida de suelo por desprendimiento (g). El análisis de varianza mostró que hay diferencias altamente significativas entre usos y tamaños. El sistema de rotación papa pasto, presentó los valores promedio de desprendimiento más altos 0.23g, y el de banco de proteínas con 0.21g en promedio; contrario al bosque secundario 0.15g; así el uso del suelo bajo el sistema papa en rotación con pasto presenta mayores riesgos de erosión mientras que el de banco de proteínas describe menores riesgos indicando la importancia de estos sistemas.

**Palabras clave:** impacto de gota, erosión, dispersión de agregados

### ABSTRACT

This study was conducted in the Experimental Farm FEDEPAPA located in the village of Obonuco in the municipality of Pasto, state of Nariño. Obonuco is located to 1 ° 13' North latitude and 76 ° 16' west longitude. It is located to 2710 meters above sea level, its temperature is about 13 ° C, presenting an annual rainfall of about 900mm/año, where evaluated the structural stability of aggregates Andisols soil against raindrop impact using a drip type rainfall simulator, on land with slopes between 12 - 38%. Samples were collected from three production systems and land use: Lot of potato (*Solanum tuberosum*) in rotation grass 20 years, Bank of protein black Acacia (*Acacia melanoxylon*), chilca (*Berberis arborea*) quillotocto (*Tecoma stans*) and 17, and upper secondary forest species native. Each system is divided into three subplots of which 3 samples were obtained from each third (product of 3 samples at random from each subplot). By sieving each sample was separated in 4 sizes of soil aggregates (> 2mm, 2-1 mm, 1-0.5 mm, 0.5-0.25 mm) obtaining a total of 108 samples. Experimental design was used unrestrictedly at random and an analysis of variance as a statistical model. Each sample was subjected to simulate rain for 15 minutes in the treatments to determine soil loss by detachment (g). The analysis of variance showed highly significant differences between uses and sizes. The potato rotation system with grass, presented an average detachment values higher with an average of 0.23g, contrast to secondary forests 0.15g and

the bank 0.21g protein on average, well, the use of soil under grass with potato described higher risk of erosion while the protein bank described lower risks indicating the importance of these systems.

**Keywords:** droplet impact, erosion, dispersion of aggregates.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad más de trescientos millones de hectáreas son removidas sin control alguno para el desarrollo de cultivos especialmente en los países en vías de desarrollo, lo más característico de estas zonas productoras es que se encuentran en zonas de montaña produciendo erosión en los suelos lo que conlleva a baja productividad afectando principalmente al sector agrícola debido a la falta de control de los recursos naturales, agua y suelo, principalmente en América Latina. Montenegro (2000).

El mismo autor afirma que en Colombia se ha determinado que la región más susceptible a la pérdida de suelo es la región andina, gracias a su topografía, procesos de deforestación, ampliación de la frontera agrícola y el espacio urbano debido a su alta densidad.

En el departamento de Nariño el 50% de los suelos presenta problemas de erosión y el 17 % se encuentra degradado, situación que preocupa a las autoridades ambientales por el estado en el que se encuentra estos suelos, los cuales son afectados por los daños ocasionados por el cambio climático y el mal uso de las prácticas agrícolas (Mora, 2009). Esto evidencia los inconvenientes en la estabilidad estructural de los agregados del suelo por lo tanto surge la necesidad de generar conocimientos y/o herramientas que permitan definir y cuantificar este tipo de problemáticas.

Los problemas de estabilidad estructural de los agregados del suelo maximizan el efecto de la lluvia en el proceso de erosión, a través del impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo y por el propio humedecimiento del suelo, que provoca desagregación

de las partículas primarias. Provoca también transporte de partículas por aspersión y proporciona energía al agua de escorrentía superficial. (Ellison, 1948)

La erosión del suelo por agua implica dos procesos distintos: la división de los terrones en gránulos finos o partículas y el transporte de estas partículas finas lejos de los terrones. La causa más importante de la división de los terrones es el impacto de las gotas de lluvia cayendo rápidamente en una tormenta intensa, pues poseen una energía cinética y una inercia muy considerables. (Wild E, Russell, A. 1992).

El objetivo de esta investigación es evaluar la estabilidad estructural de agregados de un suelo andisol *Vitric haplustands* utilizando un simulador de lluvia tipo gotero, con el fin de generar información básica acerca de los riesgos de erosión que puede presentar determinados manejos de suelos. Éste estudio se realizó dentro del marco del proyecto denominado “Desarrollo y Evaluación de Prácticas de Fertilización en Unidades Productivas Integrales Sostenibles con Papa en la Zona Andina del Departamento de Nariño” el cual cuenta con el apoyo financiero del Ministerio de agricultura y desarrollo rural.

## **5. MATERIALES Y METODOS**

El presente estudio se realizó en la Granja experimental de FEDEPAPA ubicada en el corregimiento de Obonuco Municipio de Pasto, Departamento de Nariño, localizado a 1°13' latitud Norte y 77°16' longitud oeste, a una altura de 2710 msnm, con una precipitación pluvial anual aproximada de 840 mm/año distribuidos en un sistema bimodal y una temperatura promedio 13°C. Este municipio está clasificado como una zona de vida bosque seco premontano (BsPm). (Mera, A. y Zamora, C, 2003).

Los suelos corresponden a una asociación *Vitric Haplustands*, fase moderadamente inclinada, originado 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, desarrollados a partir de cenizas volcánicas (IGAC, 2004).

Los suelos de clima frío de Nariño tienen texturas medias, con predominio de las francas sobre las franco-arcillosas. En general, los suelos tienen altas proporciones de limos y arenas. En Nariño, la estabilidad estructural de los suelos está muy asociada con los contenidos de arenas y de alófana. La mayoría de los suelos son no plásticos o ligeramente plásticos. Porosidad y permeabilidad altas. La retención de humedad, de baja a media, está muy influenciada por el contenido de materia orgánica. (García, B., Pantoja, C. 1993).

Para evaluar la estabilidad estructural de los agregados del suelo, se utilizó como herramienta fundamental el simulador de lluvia tipo gotero diseñado por Castillo y Gonzales y modificado por los autores de esta investigación. En este estudio se eligieron 3 sistemas o usos del suelo (ver cuadro 1). En cada uno de estos sistemas se tomaron 9 muestras sin disturbar de los primeros 5 cm de profundidad del suelo (Castillo F., 1994). Cada una de las muestras obtenidas fueron secadas al aire durante 12 días y separadas por tamaños de agregados (2mm, 2 - 1mm, 1 - 0.5 mm. y 0.5 - 0.25mm.) utilizando el agitador de suelo (shaker). Posteriormente de cada una de estas muestras se sometió 5g frente al impacto de gota utilizando el simulador de lluvia tipo gotero.

Este simulador de lluvia tipo gotero se construyó con materiales de fácil obtención y consiste: de un depósito de agua, un sistema formador de gotas de lluvia, un sistema de control de la intensidad de la gota, un sistema colector y una estructura o soporte.

El depósito de agua es un tanque con capacidad de 25.5 litros. El cual está montado sobre una base metálica, que sostiene a la estructura del aparato por medio de dos tornillos, el tanque puede ser ajustado a cualquier altura, según el límite de la estructura.

El sistema formador de gotas, consiste de boquillas dispuestas en triángulo con sus respectivas agujas formadoras de gotas. Los goteros están conectados al depósito de agua

por tubos plásticos con sus respectivas llaves de paso. El diámetro de la gota fue calculado teniendo en cuenta la metodología “bolita de harina” propuesta por Hudson (1964). El cual consiste en dejar caer las gotas sobre un recipiente con harina, y en ese instante someterlo a 105 °C durante 15 minutos obteniendo unas bolitas de harina las cuales se pueden medir su diámetro fácilmente con un pie de rey.

El sistema de control de la intensidad está compuesto por un sistema que gradúa la salida de agua de las boquillas (1 gota cada 3 s). Teniendo en cuenta la precipitación máxima de la zona se calibró el simulador de lluvia tipo gotero utilizando el pluviógrafo (marca Eijkelkamp modelo 6987 ZG) de registro diario, con el objetivo de seleccionar la cantidad de agua precipitada que más se ajuste a las condiciones de la zona. En este caso para una intensidad de 16.0 mm/h se calibró el simulador para que lloviera 15cm<sup>3</sup> de agua en 15 minutos.

$$\frac{16\text{cm/h} * 15 \text{ min} * 3.75\text{cm}^2}{60\text{min}} = 15 \text{ cm}^3$$

El sistema colector, lo constituye un tamiz No. 60, con 0.25 mm de abertura y 25.4mm de diámetro, con extensión hacia arriba de un tubo plástico del mismo diámetro y de 45cm de altura, en el cual se depositaron 5g de cada uno de los tamaños de agregados. Bajo este tamiz, se colocó un pequeño recipiente plástico, para recoger el suelo desprendido por el impacto de la gota. Para lograr una distribución uniforme del impacto de la gota sobre los agregados del suelo, el sistema colector es montado sobre una plataforma que gira a 5 rpm.

La Estructura o soporte consiste en dos barras de hierro de 4.5cm por 4.5cm. Y de 255 cm de largo, que se introducen en una base del mismo material de las barras y permite que el aparato permanezca vertical al suelo.

Las muestras sometidas al impacto de la gota fueron llevadas al horno a una temperatura de 105 °C durante 24 horas en vasos metálicos cuyo peso promedio fue de 4.3 g; la pérdida total de suelo se calculó por diferencia de pesos. En la corrección por humedad se tuvo en

cuenta la (Norma ASTM D4220) en la cual se determina el peso del suelo en húmedo y seco y el porcentaje de humedad, teniendo en cuenta el peso inicial después de haber sido el suelo sometido al impacto de gota de lluvia y un peso final después de haber sido sometido a 105°C durante 24 horas.

Cuadro 1. Descripción de los historiales de uso de suelo para evaluar la estabilidad estructural de los agregados del suelo en la Granja experimental de FEDEPAPA, Obonuco, municipio de Pasto 2009.

USOS	DESCRIPCION
1	<p><b>Lote de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) en rotación con pasto:</b>            Cuenta con un área de 2.51 has aproximadamente, el periodo de rotación de los cultivos es de cinco años. El pasto se siembra una vez se cosecha la papa. Este lote presenta esta manejo desde hace 20 años, antes se sembraba trigo y nabo **.</p>
2	<p><b>Banco de proteína Acacia negra <i>Acacia melanoxylon</i>, chilca <i>Baccharis latifolia</i> y quillotocto <i>Tecoma stans</i>:</b> Este arreglo cuenta con un área de 0.360 ha. (3600 m<sup>2</sup>) Anteriormente este lote era cultivado con papa en rotación con pastos, pero en Octubre de 1997 se estableció el sistema silvopastoril banco de proteínas (14 años). El manejo que en principio se aplico a este sistema fue de ramoneo, que consistió en hacer pastorear durante un día en el lapso de un mes o inferior a este por vacas de alta producción de leche en un numero que oscila entre 67 a 70 animales, en la actualidad está destinado para corte y acarreo, con podas que se hacen dependiendo de la cantidad de follaje que produzca cada árbol.</p>

---

**Bosque secundario parte alta (especies nativas):** Se ha caracterizado por que en los últimos años no ha sido intervenido. Las especies predominantes son de tipo arbustivo como colla *verbessina arbórea* y chilca *Braccharis latifolia*, dentro de las especies forestales que se hallan en área boscosa están encino *Ricinus comunis* y eucalipto *Eucalyptus sp* como especies introducida.

---

Cuadro No.1 usos y manejos de suelos como tratamientos para esta investigación

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la interpeacion de datos se tomo como herramienta el análisis de varianza con un diseño completamente aleatorio buscando diferencias entre usos y tamaños del suelo.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo	0,16	2	0,08	20,94	<0,0001**
Trat	0,16	2	0,08	20,94	<0,0001**
Error	0,39	105	0,0037		
<u>Total</u>	<u>0,55</u>	<u>107</u>			

\*\* Altamente significativo al 99% de confiabilidad.

Tabla No 1. Análisis de varianza para separabilidad de agregados en diferentes usos de suelo.

El ANOVA simple aplicado demuestra que existen diferencias altamente significativas entre tratamientos o usos de suelo.



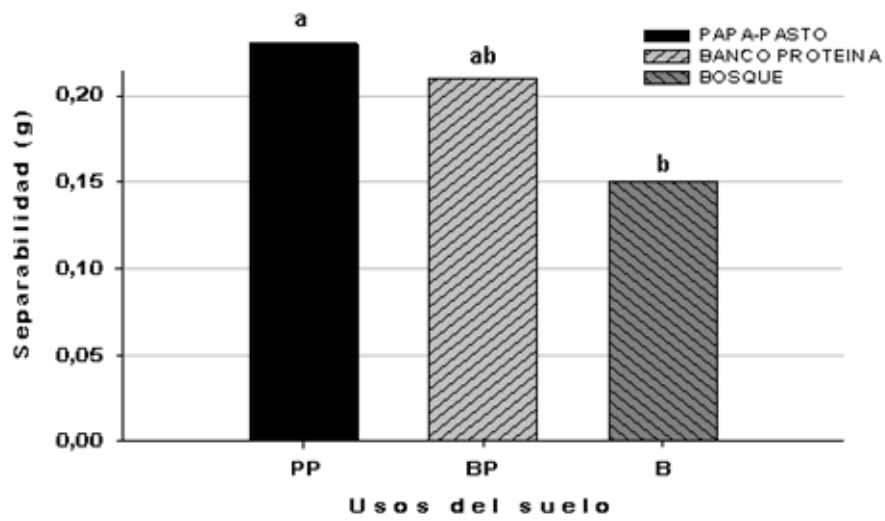
Teniendo en cuenta la respectiva comparación de medias de Tukey se obtuvo:

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Medias</b>	
Bosque	36	0.15	a
Banco de Proteínas	36	0.21	a b
Rotación Papa pasto	36	0.23	B

Tabla No 2. Comparación de medias de Tukey para separabilidad de agregados en diferentes usos de suelo.

Estos resultados nos indican que en el modelo estadístico aplicado se encuentran diferencias altamente significativas entre usos, evidenciando comportamientos diferentes del sistema Bosque frente a los otros dos usos evaluados, además este es el sistema en el que se observa una menor de separabilidad del suelo.

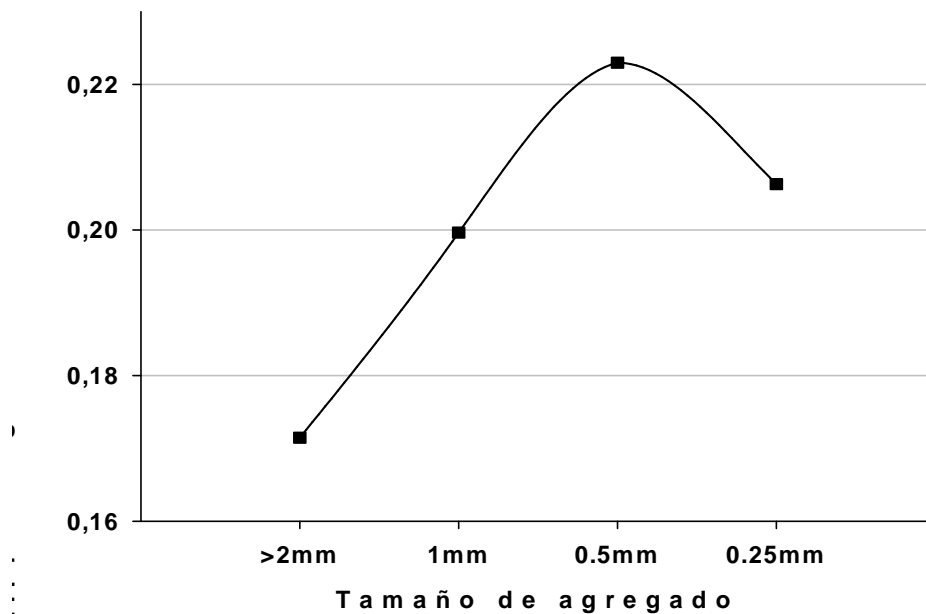
De esta forma Kvolek, Claudio Miguel (2003) aclara que la calidad y cantidad de partículas desprendidas está gobernada por las características de cada sistema, donde la estabilidad estructural de los agregados es la condicionante principal de estos desprendimientos.



Fuente: Esta investigación

Grafico No 1. Prueba de Tukey para separabilidad de agregados en diferentes usos de suelo.

En el bosque secundario podemos resaltar mayor estabilidad de los agregados gracias a la presencia de las hifas de los hongos y las raíces que contribuyen a mantener unidos de forma mecánica los macroagregados, contribuyendo a la formación de la macroestructura del suelo, de la misma forma que un suelo bien estructurado favorece el crecimiento y desarrollo radicular.



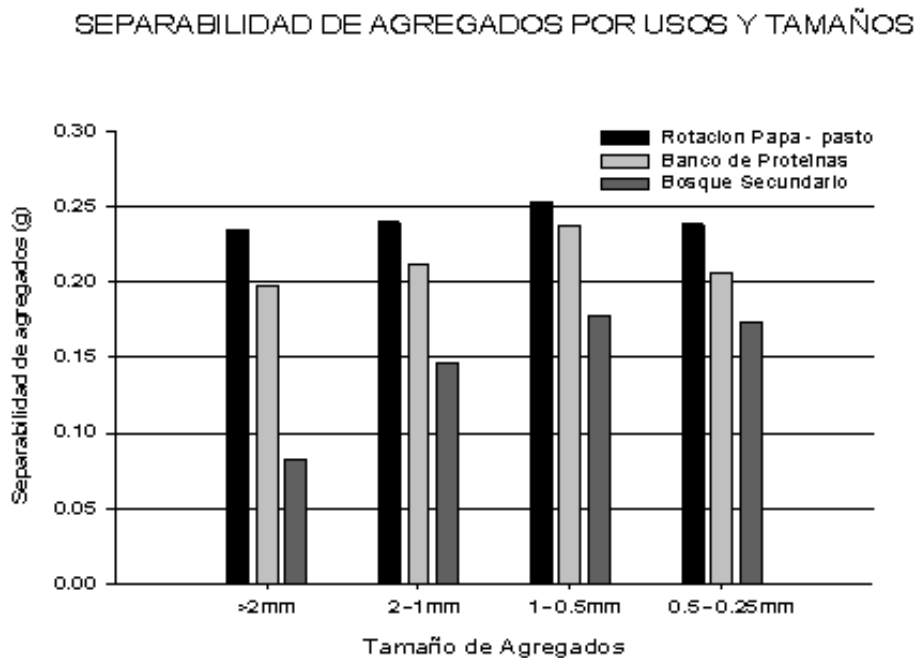
Fuente: Esta investigación

Gráfico No 2. Separabilidad de agregados en los diferentes tamaños.

De acuerdo con la gráfica No 2 en promedio los agregados > a 2mm presentan menor separabilidad. Esto sugiere la importancia de mantener en un sistema de producción con mayores proporciones de macroagregados estables minimizando prácticas inadecuadas en el uso de los suelos. Hernández, (1998) estudiaron varios sistemas de manejo de suelos, obteniendo como resultado que el suelo tratado continuamente bajo la forma convencional tuvo menor porcentaje de macroagregados estables. Además Roth y Eggert (1994) aseguran que los agregados grandes presentarían un efecto protector debido a que necesitan más tiempo y energía para ser divididos.

Los agregados de tamaños de 0.25mm presentan en promedio menor separabilidad que los de 0.5mm, esto se debe a que existe una estrecha relación entre la estabilidad de los agregados y el potencial de humectación. Los suelos que mantienen la hidrofobicidad, presentan agregados estables a la dispersión y por ende, muestran pequeñas variaciones del

diámetro medio ponderado de los agregados. Así los agregados en sitios más hidrófobos son más finos (Ellies. 1995).



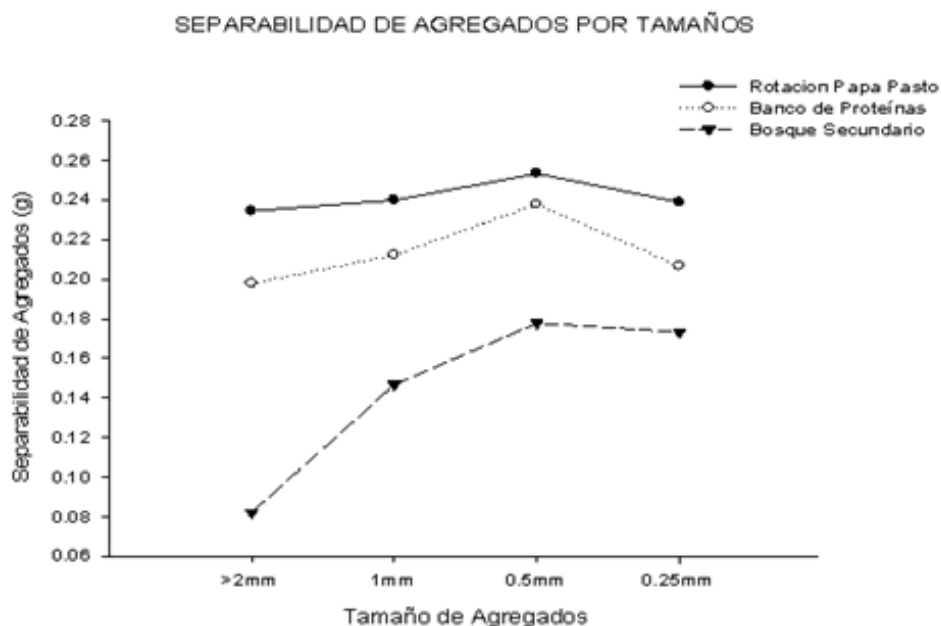
Fuente: Esta investigación

Gráfico No. 3 Separabilidad de agregados por usos y tamaño de agregado.

En el sistema de rotación papa con pasto observamos que la separabilidad de los agregados en todos los tamaños es muy representativa debido al tipo de manejo que se le ha dado al cultivo de la papa con labranza convencional, lo que conlleva a pulverizar el suelo disminuyendo la estabilidad de los agregados, la cantidad de materia orgánica y aumentando así la separabilidad de estos frente al impacto de la gota de lluvia. Según Kirkby Y Morgan (1984) cuando la proporción de agregados menor 0.5 mm es alta, mayor será la erodabilidad del suelo.

El Manual de Conservación de Suelos de la FAO (2000), asegura que el manejo inadecuado lleva a una reducción del contenido de materia orgánica del suelo, teniendo como consecuencia alteraciones en su densidad, en la capacidad de retención de agua y en la

estabilidad de los agregados, que contribuyen a la pérdida de su calidad y de la estabilidad de su estructura. El tamaño y la estabilidad de los agregados pueden ser indicativos de los efectos de los sistemas de labranza y de cultivo sobre la estructura del suelo. Suelos bien agregados proporcionan mayor retención de agua, adecuada aireación, fácil penetración de raíces y buena permeabilidad. El aumento en el contenido de materia orgánica del suelo mejora la resistencia de los agregados a la erosión y al encostramiento.



Fuente: Esta investigación.

Gráfico No. 4 Separabilidad de agregados por tamaño de agregado

La grafica No 4 indica que el sistema silvopastoril banco de proteínas tiene una menor separabilidad de los agregados del suelo con respecto al sistema en rotación papa con pasto, lo que nos sugiere que los sistemas agroforestales son alternativas de producción para la recuperación y conservación de los suelos. Tisdall & Oades, (1982) afirman que las raíces

participan como agentes ligantes temporales, en conjunción con las hifas. Las raíces no sólo suplen al suelo de residuos orgánicos descompuestos sino que también actúa como soporte de la población microbiana en la rizósfera, especialmente las raíces de algunas hierbas. Según el mismo autor, la estructura puede mitigar los efectos nocivos que puede tener la textura en el medio físico del suelo.

En estos suelos andisoles, la arcilla dominante es la alófana, que es un coloide de características muy particulares, amorfo e hidratado, que aparece en estos sistemas como producto obligatorio de la descomposición de las cenizas volcánicas en zonas húmedas. La alofana es una arcilla inestable, o sea, muy reactiva, de modo que imprime comportamientos peculiares a estos suelos. En busca de mayor estabilidad la alófana se hidrata, se liga a la materia orgánica formando complejos organominerales difíciles de descomponer y fija aniones. (Floria, B. Rafael, M.)

En el sistema papa con pasto se evidencia alta separabilidad en todos los tamaños de agregados lo que convierte a los macroagregados en microagregados aumentando la proporción de estos. (Boersma y Kooistra, Amézquita, 1994) Aseguran que una proporción alta de microagregados se puede considerar como indicador de degradación estructural del suelo lo cual deduce una relación entre dispersión del suelo, infiltración, erosión y las modificaciones en la estructura por efecto del tipo de uso del suelo.

Una cobertura sobre el suelo lo protege de la fuerza de las gotas de lluvia y disminuye la separación de las partículas de los agregados de suelo, que es el primer paso en el proceso de erosión hídrica.

### **CONCLUSIONES.**

El sistema papa-pasto presentó la mayor separabilidad en agregados, frente a los demás usos evaluados, con una pérdida promedio de 0.23g lo cual sugiere mayores riesgos de erosión.

El sistema que presentó mejor comportamiento en cuanto a estabilidad estructural fue el bosque con un desprendimiento promedio de 0.15g.

Los agregados más estables corresponden a mayores a dos milímetros sugiriendo que son más coherentes y disipan mejor la energía con menor separabilidad, mientras que los agregados con tamaños de 0,5 mm presentan mayor separabilidad frente al impacto de gota de lluvia.

Los resultados obtenidos indican que la técnica de impacto de gota es una herramienta simple y económica y que tiene validez para detectar diferencias en suelos tropicales.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al proyecto “Desarrollo y Evaluación de Prácticas de Fertilización en Unidades Productivas Integrales Sostenibles con Papa en la Zona Andina del Departamento de Nariño” con el apoyo del Ministerio de Agricultura, Universidad de Nariño y la Federación Colombiana de productores de papa FEDEPAPA Regional Nariño.

Dr. Jesús Castillo Franco. Presidente de tesis. I. A. MSc. Ph.D Suelos. Facultad Ciencias Agrícolas, Programa Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. Pasto - Colombia. 20011.

Jorge Velez I. AF. M.Sc Docente. Facultad de ciencias Agrícolas, Programa Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. Pasto – Colombia.

Jairo Mosquera Guerrero I.A. M.Sc Docente. Facultad de ciencias Agrícolas, Programa Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. Pasto – Colombia.

Orlando Benavides I.A. M.Sc Docente. Facultad de ciencias Agrícolas, Programa Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. Pasto – Colombia.

FEDEPAPA- Federación Colombiana de productores de papa. Regional Nariño.

La Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño y al Programa de Ingeniería Agroforestal.

## **BIBLIOGRAFIA**

ALEGRE, J. C. CASSEL, D.K. and AMESQUITA, E. 1991. Tillage system and soil properties in Latin American. *Soil and Tillage Research*. 20, (2-4): 147-164.

BAVER, L.D. and GARDNER, W.H. y GARDNER, W.R. 1973. Física de suelos. 4a. ed. Othea. México. 529 p.

BLAIKLE, P. and BROOKFIELD, H. 1987. Land degradation and society. Methven & Co. London and New York. 296 p.

BOESMA, O.H, KOOISTRA, M.J. 1994. Differences in soil structure of still loam *Typic Fluvaquents under various agricultural management practices. Agric Ecosyst Environ* 51: 21-42

BRADY, N. C. 1974. The nature and properties of soils. 8a. ed. Macmillan. New York, 639 p.

BRUCE, O.R. and LAL, R. 1975. Soil erodability as determined by rain drop technique International Institute of Tropical Agriculture. *Soil Science*. 119, (2): 144-157.



CASTRO, C.F. Et al. 1991. Tillage methods and soil and water conservation in Southern Brazil. Soil and Tillage Research. 20, (2-4): 271-284.

CÁRTER, E.L. Et al. 1974. Raindrop characteristics in South Central United States. Transactions of the ASAE. 1: 1033-1037.

CASTILLO, F. J. A. 1994. Determinación del Índice de erodabilidad (K) en dos suelos del Departamento del Cauca, Colombia. Tesis. MSc. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira. 206 p.

ELLIES, A., GREZ, R., RAMIREZ, C. 1995 Potencial de humectación y estabilidad estructural de suelos sometidos a diferentes manejos. Agricultura técnica 55 (3-4): 220-225.

ELLISON, W.D. 1948. Soil detachment by water in erosion process. Trans. Am. Geo. Un. 29 (4): 499-502.

FAO 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/lw8s.pdf>.

FLORIA, B. RAFAEL, M. CARLOS, H. Características de los principales ordenes de suelos presentes en costa rica. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. Disponible en: [http://www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_ix/A01-1277-15.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_ix/A01-1277-15.pdf)

GREELAND, D. 1975. Soil structure and erosion hazard. En: Greeland, D.J., Lal, R. Eds. Soil Conservation and management in the humid tropics. chichester. John Wiley. 17-23.

HERNÁNDEZ R, HERNANDEZ C. Efectos de la siembra directa y la labranza convencional en la estabilidad estructural y otras propiedades físicas de ultisoles en el estado Guárico- Venezuela. Universidad Central de Venezuela. 1998.

HOWELER, H.R. 1985. Para contrarrestar la erosión en los cultivos de yuca en laderas. Bol. inf. yuca No 9, 6-8.

HUDSON, N. 1982. Conservación de suelos. Riverté. S.A. Barcelona. (España). 335 p.

IGAC. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Nariño. IGAC. Tomo III 2004. 72p.

KIRKBY, M.J.; R.P.C. Morgan, 1994. Erosión de suelos. Primera edición. México, Linusa S.A. 375P.

KVOLEK, Claudio Miguel. Cantidad y calidad de sedimento bajo lluvia simulada en un suelo Vertisol con modificaciones en el tamaño de los agregados superficiales. Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires. 2003

LAIKLE, P. and BROOKFIELD, H. 1987. Land degradation and society. Methuen & Co. London and New York. 296 p.

LYNCH, J. M. and BRAGG, E. 1985. Microorganisms and soil aggregate stability. Adv. Soil Sci. 2: 123-171.

MEJIA, C. L. 1988. La mineralogía del suelo y sus relaciones con la fertilidad de los suelos. Fertilidad de suelos diagnóstico y control. S.C.C.S. Editor, Francisco Silva M. 3a ed. Bogotá. 37-93.

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. 2003. 96p.

MEYER. L.D. 1965. Simulation of rainfall for soil erosion research. Transaction of the ASAE. 8, (1): 63-75.

MEZA E., GEISSERT D. Estabilidad de Estructura en Andisoles de Uso forestal y cultivado. Universidad Autonoma Chapingo. Mexico. 2006

MIRELLI, J.A. 1986. Simuladores de lluvia. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación experimental Agropecuaria Marco Fidel Suarez. Serie de suelos y agroclimatología. Publicación técnica No. 8. Venezuela. 15 p.

MONTENEGRO G, HUGO.2000. Manejo y Conservacion de Suelos y Aguas. Universidad Nacional de Colombia. Porfesor asociado.

MULLER, S.K., RUPPENTHAK, M. y CASTILLO, J.A. 1994. Conservación de suelos en yuca. Memorias de la primera reunión de agroecología y producción sostenible en San Gil (Santander Colombia). Documento de trabajo No. 135. Adrián Maitre. 195-228

OLMOS, E. y MONTENEGRO, H. 1987. Inventario de los problemás de la erosión y degradación de los suelos de Colombia. IN: Congreso Colombiaño de la ciencia del suelo, 4 y Coloquio la degradación de los suelos en Colombia, 9. Neiva (Colombia), 18-21 de agosto de 1987. Resúmenes. Neiva, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. p.23.

RADY, N. C. 1974. The nature and properties of soils. 8a. ed. Macmillan. New York, 639 p.

ROTH, CH.; EGGERT, T., 1994 Mechanism of aggregate breakdown involved in surface sealing, runoff generation and sediment concentration on loess soils Soil & Tillage Research 32: 253-268.

TISDALL, J.; OADES, J. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. En: Journal of Soil Science Vol33 p141-163.

*E.J. Russell, WILD A.* Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas. Technology & Engineering. 1045 páginas. 1992

VERA A. Recuperación de suelos fatigados en agricultura Intensiva. Dpto. Producción Agraria (Área Edafología y Química Agrícola) - ETSIA. Universidad Politécnica de Cartagena. 1995.

Laws j.o. 1941, medidas de a veñocidad de caida de gotas de lluvia.