

## EVALUACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO EN DIFERENTES USOS

## EVALUATION OF SOME SOIL PHYSICAL PROPERTIES IN DIFFERENT LANDSCAPE

Maritza Alejandra Noguera J.<sup>1</sup>, Jorge Alberto Vélez L.<sup>2</sup>

Fecha de recepción: 1 de junio de 2010

Fecha de aceptación: 12 de enero de 2011

### RESUMEN

El estudio se realizó en suelos de la vereda de Trojayaco, del municipio de El Tambo departamento de Nariño, con una temperatura promedio de 18 °C, a 2200 msnm, sus coordenadas geográficamente son 1° 24" latitud norte y 77° 27", de longitud oeste. Se evaluó la densidad aparente (da), densidad real (dr), porosidad total (pt), conductividad hidráulica (k), resistencia a la penetración (rp), en cinco usos: T<sub>1</sub> kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), T<sub>2</sub> bosque, T<sub>3</sub>(*Senna pistacifolia* - *Pennisetum clandestinum*), T<sub>4</sub> (*Eucaliptus globulos* - *Pennisetum clandestinum*), T<sub>5</sub> (*Delastoma integrifolium* - *Pennisetum clandestinum*). Además se determinó el porcentaje de materia seca para la pastura kikuyo. Los resultados evidencian que los usos T<sub>2</sub> bosque, T<sub>3</sub> (*Senna pistacifolia* - *Pennisetum clandestinum*), T<sub>5</sub> (*Delastoma integrifolium* - *Pennisetum clandestinum*) y T<sub>4</sub> Eucalipto (*Eucaliptus globulos* - *Pennisetum clandestinum*), presentaron mayores valores de porosidad total, conductividad hidráulica y menores promedios de densidad aparente y resistencia a la penetración; por el contrario el tratamiento T<sub>1</sub> (*Pennisetum clandestinum*) manifestó una disminución en la porosidad total, en la conductividad hidráulica y un incremento en la densidad aparente

<sup>1</sup> Ingeniera Agroforestal; Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. 2010; E-mail: alejandradesarria@hotmail.com

<sup>2</sup> I.AE, M. Sc. Profesor Tiempo Completo; Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. 2010; E-mail: jvelezlozano@gmail.com

y resistencia a la penetración. Los tratamientos T<sub>3</sub> y T<sub>5</sub> evidenciaron mejores valores para el porcentaje de materia seca; por el contrario los tratamientos T<sub>4</sub> y T<sub>1</sub> mostraron una disminución significativa en esta variable.

Palabras clave: Usos del suelo, densidad aparente, pasturas, materia seca.

## ABSTRACT

The study was conducted in Trojayaco soils, a rural area in the municipality of El Tambo, Nariño, with an average temperature of 18 ° C at 2200 a.s.l.m, its geographical coordinates are 1 ° 24' north latitude and 77 ° 27' west longitude . We evaluated the apparent density (da), real density (rd), total porosity (pt), hydraulic conductivity (k), penetration resistance (rp) in five treatments: T1 (*Pennisetum clandestinum*), forest T2, T3 (*Senna pistacifolia* - *Pennisetum clandestinum*), T4 (*Eucalyptus globulos* - *Pennisetum clandestinum*), T5 (*Delastoma integrifolium* - *Pennisetum clandestinum*), furthermore the percentage of dry matter for kikuyo grass was determined. The results showed that the landscape of forest T2, T3 (*Senna pistacifolia* - *Pennisetum clandestinum*), T5 (*Delastoma integrifolium* - *Pennisetum clandestinum*) and T4 (*Eucalyptus globulos* - *Pennisetum clandestinum*) had high total porosity, hydraulic conductivity and low average apparent density and penetration resistance, on the other hand, T1 (*Pennisetum clandestinum*) showed a decrease in total porosity and hydraulic conductivity, increased bulk density and penetration resistance. T3 and T5 treatments showed better values for dry matter percentage, in change, T4 and T1 treatments showed a significant decreasing this variable.

Key words: land-use, bulk density, pastures, dry matter.

## INTRODUCCIÓN

En Colombia, los sistemas de producción agropecuarios, se basan principalmente en la explotación indiscriminada de los recursos naturales, a través de la implementación de monocultivos y de ganadería intensiva, ocasionando un sobreuso del suelo, una degradación y abandono de la tierra. Al respecto, CORPONARIÑO (2002), afirma que el departamento de Nariño se ha caracterizado por explotación ganadera, ocasionando por manejos inapropiados al suelo, y efectos negativos como la compactación

y la erosión, ante tal circunstancia, una de las alternativas para la solución a estos problemas se constituyen los sistemas de producción silvopastoril. Estos contribuyen al desarrollo sostenible de la producción ganadera, convirtiéndose en una alternativa para disminuir la deforestación y los procesos de degradación de los suelos, gracias al aporte de la materia orgánica proveniente de las especies que conforman estos sistemas, al igual que los aportes de las excretas por parte de los animales, que influyen en el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Camero 1996).

Al respecto Pinzón y Amezcua (1991), evaluaron los cambios de las propiedades del suelo, como resultado de la compactación por el pisoteo de animales en pasturas del piedemonte de Caquetá (Colombia), los datos mostraron que los animales en pastoreo modifican substancialmente las propiedades físicas de estos suelos, causando grado de compactación mayor en los primeros 15 cm, ocasionando una severa disminución en la porosidad, que afecta el desarrollo de las raíces de las plantas y su productividad.

Villanueva e Ibrahim (2002), evaluó el impacto de los sistemas silvopastoriles *Alnus acuminata-Pennisetum clandestinum*, sobre la recuperación de suelos de pasturas degradadas en Costa Rica, encontrando que los sistemas silvopastoriles, mejoran la fertilidad del suelo conforme aumenta la edad de los árboles, efecto observado en los niveles decrecientes de densidad aparente y resistencia a la penetración, en comparación a las pasturas en monocultivos que arrojaron valores altos para densidad aparente ( $1.6 \text{ Mg/m}^3$ ) y para resistencia a la penetración (3.2 Mpa).

Según Aguirre y Ordóñez (2009), en la investigación dinámica y movimiento del agua en suelos con diferentes usos en sistemas productivos del altiplano de Pasto – departamento de Nariño encontraron, que los mayores niveles en conductividad hidráulica se presentaron en aquellos tratamientos que mostraron aportes de materia orgánica, la cual contribuye a la estabilidad estructural, un aumento en la macroporosidad, y en general mejora las condiciones físicas del suelo.

De acuerdo a lo anterior el presente estudio se realizó teniendo en cuenta el objetivo, determi-

nar algunas propiedades físicas en tres sistemas silvopastoriles, Pichuelo (*Senna pistacifolia*) – pastura (*P. clandestinum*), Eucalipto (*E. glóbulos*) – pastura (*P. clandestinum*), Campanillo (*D. integrifolium*) – pastura (*P. clandestinum*), en un bosque y un lote de pasto kikuyo (*P. clandestinum*), como también se evaluó el porcentaje de materia seca para el pasto kikuyo (*P. clandestinum*).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en suelos de fincas ubicadas en la vereda de Trojayaco, Municipio de El Tambo Nariño, sobre un EnticHaplustolls, que se localiza a  $1^{\circ} 24''$  latitud norte y  $77^{\circ} 27''$ , a 2200 msnm, zona de vida bosque húmedo montano bajo (bh-MB) (Holdridge, 1979), una temperatura  $18^{\circ}\text{C}$ , presenta suelos de muy baja fertilidad, y muy ácidos, con texturas franco arenosa, y con vegetación natural con especies como, Morochillo (*Miconia theazans*), Arrayan (*Myrtus communis*), Chilca (*Baccharis linearis*), Encenillo (*Weinmannia tomentosa*) y Helechos (*Neprolepis exaltatus*) (Alcaldía de El Tambo, Nariño 2008).

Para cada uso de suelo se delimitaron 3 franjas para la toma de muestras, obteniéndose tres réplicas por cada profundidad, las cuales fueron: 0-15 cm, de 15-30 cm y de 30-45 cm por cada variable evaluada y por cada tratamiento analizado. Para la determinación del porcentaje de materia seca, se tomaron las muestras por método de rendimiento comparativo (BOTANAL), con medidas de un metro cuadrado, para el cual se tomó la muestra a 1m, 2m, y 3m de distancia del árbol, obteniendo 3 muestras por cada sitio representativo y 1 muestra por cada distancia.

**Pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) T<sub>1</sub>.** Cuenta con un área de tres hectáreas. En épocas anteriores este lote fue bosque natural, en el año de 1998, fue intervenido para al pastoreo. En la actualidad, se encuentra dedicado a la pastoreo de ganado bovino de raza cebú y holstein, con periodos cortos de recuperación, los cuales oscilan entre 10 y 15 días.

**Bosque secundario T<sub>2</sub>.** Cuenta con una área de 2.5 ha. Se caracteriza por presentar un número elevado de especies forestales silvestres de las que se destacan las especies nativas como: Arrayan *Myrtus foliosa*, Moquillo *Saurauia pruinosa*, Motilón silvestre *Preciera canescens*, Asnalulo *Cavendish isbracteata*, Charmolan *Geissanthus serrolatus*

**Sistema silvopastoril Pichuelo *Senna pistacifolia* - pastura *Pennisetum clandestinum* T<sub>3</sub>.** Presenta una área de 5 has. Hace veinte años, este lote fue sometido a la producción del cultivo como maíz *Zea mais*; posteriormente, fue destinado a la producción de bovinos. En el año de 1998 se, implementó un arreglo silvopastoril de árboles dispersos de pichuelo (*S.pistacifolia*) en potrero de pasto kikuyo (*P.clandestinum*), con el fin de que se aproveche como sombrío para los bovinos. Bajo este sistema el ganado bovino pastorea a libre disposición y en la actualidad no se realizan prácticas de poda ni fertilización del lote.

**Sistema silvopastoril Eucalipto *Eucalyptus globulos*-pastura *Pennisetum clandestinum* T<sub>4</sub>.** Cuenta con una área de 3 ha. Hace veinte años atrás en este lote se producía cultivos maíz *Zea mais* y ahuyama *Cucurbita pepo*. Debido a los bajos rendimientos en cuanto a la producción de los cultivos, el propietario en el año 2000, implementó el sistema de árboles dispersos de

eucalipto (*E. globulos*) en potrero de pasto kikuyo (*P. clandestinum*) y bajo este sistema el ganado pastorea a libre disposición.

**Sistema silvopastoril Campanillo *Delastoma integrifolium* - pastura *Pennisetum clandestinum* T<sub>5</sub>.** Cuenta con una área de 2 ha. Hace quince años, este lote fue destinado a la producción de cultivos como manzana *Sylvestris mill*, papa *Solanum tuberosum* L., arracacha *Arracacia xanthorrhiza* y flores como el nardo *Polianthes tuberosa*. Hace 10 años, este lote se dejó como pradera para el pastoreo del ganado bovino. En el transcurso del tiempo de forma natural se desarrolló y propagó de forma dispersa la especie forrajera de campanillo (*D. integrifolium*) en potrero de pasto kikuyo (*P. clandestinum*) y bajo este sistema el ganado vacuno pastorea y ramonea a libre disposición.

**Variables evaluadas.** La metodología empleada para determinar el valor de las diferentes variables físicas, se describen en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Metodología utilizada para la evaluación de las variables físicas en el presente estudio

VARIABLE	METODOLOGÍA	REFERENCIAS
Textura	Bouyoucos	IGAC (1990)
Densidad real	Picnómetro	IGAC (1990)
Densidad aparente	Cilindro	IGAC (1990)
Porosidad total	$P=[Da/Dr]*100$	IGAC (1990)
Conductividad hidráulica	Permeámetro de cabeza constante	Jaramillo(2002)
Resistencia penetración	Penetrógrafo	

**Análisis estadístico.** Los resultados para las propiedades físicas del suelo se analizaron mediante el ANOVA FACTORIAL y para materia seca se utilizó ANOVA FACTORIAL aumentado, en las variables donde se presentaron diferencias significativas se realizaron pruebas de comparación de medias de Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza para las variables físicas del suelo, indican diferencias estadísticas significativas para usos, no se evidencia diferencias significativas para profundidades ni para la interacción uso por profundidad. Sin embargo, para la variable densidad real no se muestra diferencias significativas para uso profundidad ni para su interacción (Tabla 2).

**Tabla 2.** Análisis de varianza de algunas variables físicas evaluadas en los 5 usos del suelo en la vereda de Trojayaco perteneciente al Municipio de El Tambo-Nariño, 2010

Análisis de varianza CM					
Fuente de Variación	GL	Da	Dr	Pt %	K
Modelo	14	0,1596*	0,0409 <sup>ns</sup>	319,7555*	8,1030*
Profundidad	2	0,0006 <sup>ns</sup>	0,0744 <sup>ns</sup>	17,4888 <sup>ns</sup>	0,3936 <sup>ns</sup>
Usos	4	0,5428*	0,0638 <sup>ns</sup>	1095,3111*	26,9742*
Profundidad *Uso	8	0,0078 <sup>ns</sup>	0,0210 <sup>s</sup>	7,5444 <sup>ns</sup>	0,5948 <sup>s</sup>
Error	30	0,0249	0,0514	42,8444	0,7221
Total corregido	44				

\*: Significativo (P < 0,05)      ns: no significativo

**Densidad aparente.** La densidad aparente fue diferente entre usos (P<0,05), siendo más alta en el T<sub>1</sub> (*P.clandestinum*), con un valor de 1,17g/cm<sup>3</sup> mientras que el tratamiento T<sub>2</sub> Bosque presentó

un promedio 0,48 g/cm<sup>3</sup>, siendo éste el que mostró el valor más bajo (Figura 1). Este comportamiento, se debe al tránsito de los animales ya que la presión ejercida por las pezuñas de los animales resultará en una reducción en el volumen macroporos del suelo (Pezo e Ibrahim, 1998).

**Figura 1.** Densidad aparente evaluada en los 5 usos del suelo en el Municipio de El Tambo - Nariño, 2010



Al respecto Cavazos (1993), atribuye que el pisoteo excesivo por los animales en pastoreo, el uso de maquinaria pesada, las perturbaciones cuando los suelos están húmedos, aumenta la densidad aparente a niveles mayores de (1,0 g/cm<sup>3</sup>). Lo anterior puede estar relacionado con este estudio ya que el T<sub>1</sub>, por ser un monocultivo de gramíneas y estar desprotegido de cobertura arbórea y sometida a una sobrecarga animal, aumenta el grado de compactación al mismo tiempo que incrementa la densidad aparente, disminuye la porosidad, siendo mayor en estos suelos que presentan bajo contenido de materia orgánica. Sánchez *et al.* (1989), sostienen que la densidad aparente como indicador de compactación es mayor, a medida que aumenta la carga animal. Los resultados concuerdan con lo afirmado por Foloni *et al.* (2003), ya que

indica que un suelo sometido a una determinada presión, ocasiona una reducción en su volumen y como consecuencia trae un aumento en su densidad aparente. Se puede decir que los resultados concuerdan con lo afirmado anteriormente, ya que es posible que el pisoteo aumente la densidad aparente y esto significa que se produzca una pérdida de su porosidad lo cual genera un aumento de la masa del suelo, haciendo que se altere esta propiedad.

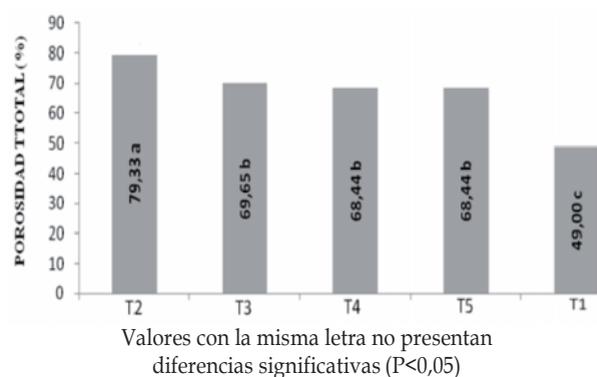
Aguirre y Angulo (2005), en la evaluación de algunas propiedades físicas, químicas y la macrofauna en tres épocas del año; bajo un sistema silvopastoril en el municipio de Pasto, Departamento de Nariño, Colombia, encontraron que no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos  $T_1$  *Acacia decurrens*,  $T_2$  Quillotocto *Tecoma stans*,  $T_3$  Saúco *Sambucus peruviana* y  $T_4$  pradera kikuyo *P. clandestinum* alcanzando un valor promedio de  $1.1 \text{ g/cm}^3$ . A diferencia de este estudio la evaluación realizada presentó diferencias estadísticas significativas entre el uso lote de pasto kikuyo (*P. clandestinum*), y los sistemas silvopastoriles (*S. pistacifolia*), (*D. integrifolium*), (*E. globulos*), es presumible que por las características de la zona, al igual que el aporte de la materia orgánica depositado al suelo a través de las hojas, flores, frutos, ramas y raíces de estas especies Pichuelo (*S. pistacifolia*), Campanillo (*D. integrifolium*), Eucalipto (*E. globulos*), dentro de los sistemas pecuarios disminuya los valores de densidad aparente implicando que estos suelos sean mas porosos, bien aireados, buen drenaje y penetración de las raíces.

El CIPAV (1997), en un estudio realizado en agroecosistemas cafeteros sobre las características físicas, químicas y biológicas en suelos del departamento del Quindío (Colombia), encontró que la densidad aparente (da) en bosques

presentan niveles bajos ( $0.69 \text{ g/cc}$ ), manifestando diferencias estadísticas frente a la ganadería intensiva con valores más altos de da ( $1.10 \text{ g/cc}$ ). Por lo anterior se podría deducir que los aportes de materia orgánica en el  $T_2$ , presenten mejor comportamiento, respondiendo a las características del sistema boscoso, en comparación con el  $T_1$ , las cuales pudieron influir en esta propiedad física con los resultados encontrados.

**Porosidad total.** Fue diferente entre usos ( $P < 0,05$ ), siendo más alta en el  $T_2$  bosque, con  $79,33\%$ , mientras que el tratamiento  $T_1$  (*P. clandestinum*), con  $49,00\%$   $\text{g/cm}^3$ , fue el más bajo (Figura 2). El anterior comportamiento obedece a que el bosque debido a su cobertura presenta mayor capa de material orgánica ejerciendo un efecto en la porosidad del suelo.

**Figura 2.** Porosidad total evaluada en los 5 usos del suelo en el Municipio de El Tambo, Nariño, 2010



Kaurichev (1984), afirma que porosidades totales mayores del 70% se califican como excesivas, lo que resulta evidente en el tratamiento  $T_2$  de baja o nula intervención, siendo posible que la alta y diversa población de especies arbóreas por su aporte de materia orgánica, aumenten la cantidad de macroporos promotores del drenaje y aireación.

Al respecto Amezquita *et al.* (1998), en un estudio sobre el efecto protector del bosque sobre las propiedades físicas del suelo, encontraron que la porosidad total es muy alta, así como las pocas pérdidas de suelo y agua que se producen en él, en comparación con las originadas en suelos desnudos que presentaron pérdidas de suelo, agua y disminución de la porosidad. De acuerdo a lo afirmado es probable que los resultados encontrados en el tratamiento  $T_2$  respondan a estos efectos, siendo el bosque la cobertura de mayor protección que favorece la infiltración, y la permeabilidad, situación que también se refleja en las menores pérdidas de suelo y agua, gracias a las diversas funciones que realiza el componente arbóreo bajo este uso.

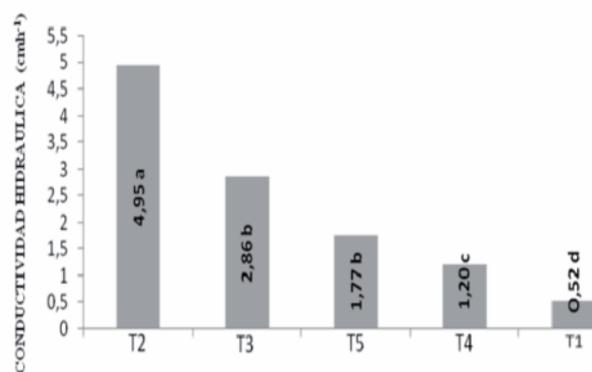
Por otra parte Ordóñez *et al.* (1992), al evaluar las propiedades del suelo del Guaviare (Colombia), cuando cambiaron su cobertura original de bosque por cultivo o por pastos, encontraron que la porosidad total disminuye en un (30%) debido a la reducción en los aportes de los residuos de origen orgánico al suelo, al comparar los valores obtenidos en suelos bajo bosque con los mismos suelos con cultivos y, en mayor proporción, cuando se comparan con suelos de potreros de más de cinco años de establecidos, con pastoreo continuo; el efecto nocivo del uso pecuario fue mucho mayor que el de los cultivos en suelos. Las diferencias mostradas en los tratamientos  $T_2$  y  $T_1$ , son un claro ejemplo de dichas alteraciones, lo cual se ve manifestado con los resultados esperados, al presentar alteraciones en la porosidad, consecuencia que se manifiesta en la disminución de la circulación de agua y del aire, como el efecto en la retención del agua del mismo.

Los tratamientos  $T_3$  (69,65%),  $T_4$  (68,44%) y  $T_5$  (68,44%), que manifestaron un comportamiento similar en este estudio, presentan porosidad

óptimas demostrando que los sistemas silvopastoriles aportan efectos relevantes a los suelos, puesto que regulan el impacto causado por la ganadería, en comparación con potreros descubiertos; al mejorar la porosidad total de este sistema, que se manifiesta en niveles equilibrados con la presencia de microporos y macroporos responsables del buen funcionamiento del sistema.

**Conductividad hidráulica.** Los valores de conductividad hidráulica fueron diferentes entre usos ( $P < 0,05$ ), siendo más alta en el  $T_2$  bosque, con  $4,95 \text{ cm h}^{-1}$ , mientras que el tratamiento  $T_1$  (*P. clandestinum*), con  $0,52 \text{ cm h}^{-1}$ , fue el más bajo (Figura 3).

**Figura 3.** Conductividad hidráulica evaluada en los 5 usos en el Municipio de El Tambo - Nariño, 2010



Valores con la misma letra no presentan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

Estos resultados pueden atribuirse a los aportes de la materia orgánica de la cobertura del bosque, responsable de un mejor tamaño de poros, mayor volumen de aireación, y un aumento en el nivel de infiltración.

Aguirre y Ordóñez (2009), encontraron mayores valores de conductividad hidráulica en el bosque ( $40,58 \text{ cm h}^{-1}$ ), seguido de los tratamientos

que incorporaron especies arbóreas al sistema presentándose una disminución en los usos convencionales. Los resultados de este estudio no concuerdan con los valores expuestos. Por lo anterior se puede inferir que los resultados encontrados se deban a las características de los suelos de la zona, a los aportes de las especies de la región y al uso al cual han sido sometidos.

Según Hartge y Ellies (1990), argumenta que el efecto producido por el tráfico y tránsito de los animales como el de la maquinaria agrícola, en muchas zonas dedicadas a la producción, modifica la conductividad hidráulica. Esto explica en parte que la conductividad hidráulica se reduce en sitios con praderas degradadas, como en el tratamiento  $T_1$ , puesto que existe una estrecha relación con la porosidad, densidad aparente, la estructura y el contenido de materia orgánica. Nivel que se ve afectado por la acción mecánica del pisoteo, que hace que estos suelos sean poco fluidos por el agua.

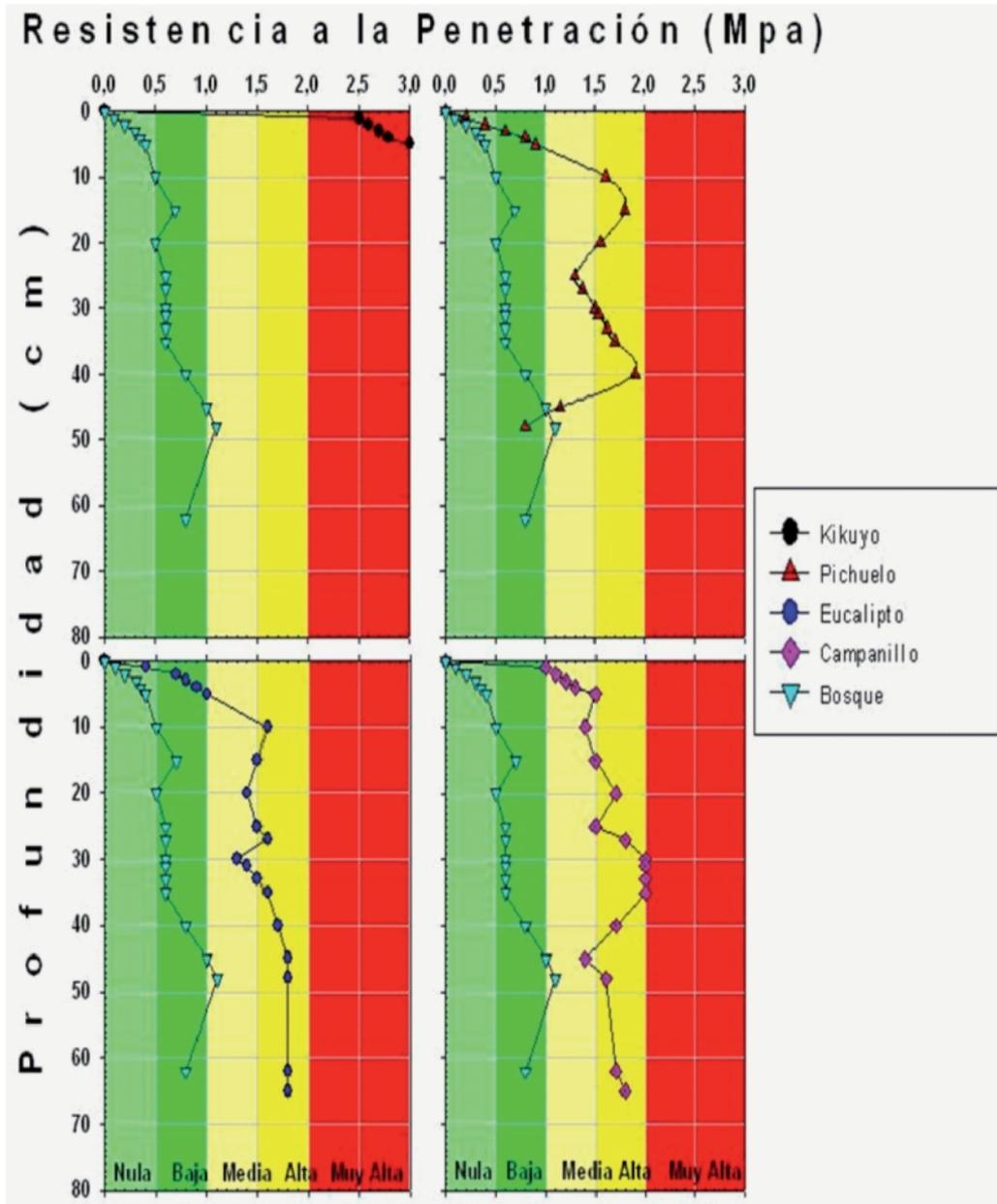
Con respecto a los tratamientos  $T_4$  (*E. globulos -P. clandestinum*), manifestó diferencias significativas ( $P < 0,05$ ), frente al  $T_2$  bosque. Ceccon (1999), argumenta que la lenta descomposición que genera el mantillo del eucalipto crea una reducción en el contenido de materia orgánica, razón por la cual se puede inferir las diferencias encontradas en el que generan cambios desfavorables en el suelo al disminuir considerablemente los efectos hacia los macroporos responsables de flujo de agua en el suelo y por lo tanto repercuten en la baja conductividad hidráulica.

**Resistencia a la penetración.** Al considerar la variable resistencia a la penetración  $T_1$  (*Pennisetum clandestinum*) se destacó por presentar en los primeros 5 cm de profundidad, el promedio más alto (3.0 Mpa), diferenciándose claramente

de los demás usos. Los tratamientos  $T_3$  (*Senna pistacifolia - Pennisetum clandestinum*),  $T_5$  (*Delastoma integrifolium - Pennisetum clandestinum*) clasificándose dentro de un segundo grupo, con promedios de (0.0 - 1.8 Mpa). La tercera agrupación incluyó a los tratamientos  $T_4$  (*Eucaliptus globulos - Pennisetum clandestinum*) y  $T_2$  bosque (0.0 - 1.0 Mpa), los cuales conforman el uso de menor resistencia a la penetración. Similares tendencias se observan en las profundidades entre los 10 y 40 cm, el  $T_2$  bosque,  $T_4$  (*Eucaliptus globulos - Pennisetum clandestinum*) presenta los valores más bajos (0.0 - 1.6 Mpa), con diferencias frente  $T_3$  (*Sennapistacifolia - Pennisetum clandestinum*),  $T_5$  (*Delastoma integrifolium - Pennisetum clandestinum*), presentado los valores más altos (0.0 - 2.0 Mpa). El tratamiento  $T_1$  (*Pennisetum clandestinum*), fue el que mayor resistencia a la penetración presentó es posible que estos resultados se deban al pastoreo al cual ha sido sometido, como la ausencia de la cobertura vegetal; por lo anterior puede ser causa de mayor compactación en las capas del suelo, que conlleven a una disminución en la permeabilidad y la porosidad del mismo (Figura 4).

Según Herrera *et al.* (1991), estudiaron los efectos del laboreo en la Sabana (Bogotá), utilizaron como testigo potreros con pastoreo continuo desde 15 años y usos sometidos a laboreo reducido y labranza cero, con relación a la compactación y las medidas de resistencia a la penetración, encontrando que el lote testigo presentó una resistencia mayor que laboreo reducido y labranza cero, estos resultados concuerda con lo encontrado en este estudio ya que el  $T_1$ , muestra mayor resistencia a la penetración, lo que indica la presencia de capas endurecidas en el suelo como consecuencia del uso intensivo al cual ha sido sometido durante periodos prolongados de tiempo, que pudieron

Figura 4. Resistencia a la penetración, valores promedios en diferentes profundidades para 5 usos en fincas de la vereda de Trojayaco, municipio del Tambo Nariño 2010



causar efectos negativos como el aumento en la densidad aparente y la disminución de la porosidad, lo cual dificulta la difusión de aire y agua, por tal razón no le permite a las raíces de los pastos explorar más suelo, disminuyendo considerablemente su productividad.

Los usos  $T_3$  silvopastoril Pichuelo (*S. pistaciifolia*) – pastura (*P. clandestinum*),  $T_5$  silvopastoril Campanillo (*D. integrifolium*) – pastura (*P. clandestinum*) y  $T_4$  silvopastoril Eucalipto (*E. globulos*) – pastura (*P. clandestinum*), muestran menor resistencia a la penetración con respecto a el  $T_1$ ,

esto puede indicar mayor contenido de materia orgánica aportada por estas especies al suelo, lo que manifiesta menor compactación y por lo tanto una mayor porosidad. Adicionalmente se evidencia una disminución de la resistencia a la penetración en el tratamiento de T<sub>2</sub> - cundario respecto a los otros usos, esto puede estar relacionado al aporte de estas coberturas vegetales al suelo, por lo cual generan mayor contenido de poros, que influyen directamente con la humedad, gracias a los altos contenidos de materia orgánica.

**Porcentaje de materia seca de kikuyo (*P. clandestinum*).** El análisis de varianza, indica diferencias significativas para usos, la prueba de comparación de medias, evidencia efectos de interacción entre distancias por uso, es decir que los usos afectan el comportamiento de materia seca de forma diferencial, a ciertas distancias respecto al árbol. (Tabla 3)

**Tabla 3.** Análisis de varianza para el porcentaje de materia seca en los 4 usos en la vereda de Trojayaco al Municipio de El Tambo Nariño. 2010

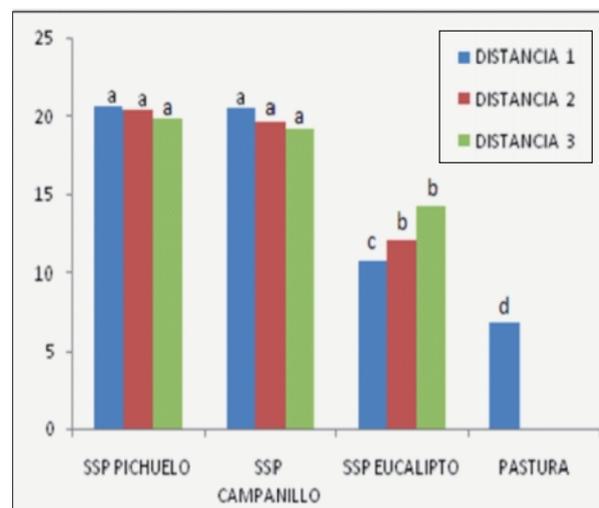
ANÁLISIS DE VARIANZA					
F. variación	GL	SC	CM	F valué	Pr >F
Modelo	9	1158.40	128.71	117.11	<0.0001*
Distancia	3	1134.43	378.14	344.05	<0.0001*
Usos	2	0.87	0.43	0.39	0.6778 <sup>ns</sup>
Distancia* uso	4	23.10	5.78	5.25	0.0031*
Error	26	28.58	1.10		
Total corregido	35	1186.97			

\*: Significativo (P<0,05) ns: no significativo

El uso (*S. pistacifolia*) – pastura (*P. clandestinum*), y (*D. integrifolium*) – pastura (*P. clandestinum*), con distancias de uno, dos y tres metros respecto árbol, presentan diferencias estadísticas significativas

frente al lote kikuyo pastura (*P. clandestinum*), los resultados pueden estar influenciados con los aportes de estas especies al suelo, como la edad de las pasturas.

**Figura 5.** Porcentaje de materia seca evaluada en los 4 usos en el Municipio de El Tambo Nariño, 2010



Valores con la misma letra no presentan diferencias significativas (P<0,05).

Según Anderson *et al.* (1980), afirman que la presencia de árboles dentro de los sistemas pecuarios influyen en la intercepción de luz, en la producción y calidad forrajera de las gramíneas nativas e introducidas, y en la fertilidad del suelo. Es presumible que los resultados concuerden con lo expuesto por Anderson (1983), por las características, en cuanto a calidad, cantidad de biomasa y sombra que brindan al suelo dichas especies T<sub>5</sub> (*D. integrifolium*), T<sub>3</sub> (*S. pistacifolia*), y por intermedio de procesos de descomposición de microorganismos que ayudan a mejorar las condiciones físicas de los suelos como, la permeabilidad, aumento importante en la retención de humedad, disminuye notoriamente la densidad aparente y la resistencia a la penetración, al aumentar los poros encargados

del flujo de agua y aire en el suelo, bajo estas especies, por otra parte la función que presentan las raíces que pueden absorber nutrientes de capas profundas del suelo y llevarlos a la superficie haciéndolos disponibles para las pasturas, efecto que se refleja en la cantidad y calidad de los pastos.

Giraldo, (1995), en un sistema silvopastoril con *Acacia decurrens* y *Pennisetum clandestinum* en alta y baja densidad arbórea y monocultivo de pasto, obtuvo una producción de materia seca de 2.1t/ms/ha. Los resultados obtenidos superan lo expuesto por Giraldo (1995). Las diferencias observadas pueden inferir con los aportes de estas especies, que presentaron mejor comportamiento, respondiendo a las características de uso y su relación con el empleo de (*S. pistacifolia*) y (*D. integrifolium*), el cual pudo constituir a mejorar las características físicas del sitio evaluado, que se refleja en un porcentaje mayor de pasto kikuyo (*P. clandestinum*), que es un indicador en los niveles de materia seca.

Por otra parte el CATIE (2004), reporta que la implementación de sistemas silvopastoriles como los bancos forrajeros, la incrementación de árboles dispersos y cercas vivas, es una alternativa para la recuperación de pasturas en estado de degradación. Respecto a lo anterior se puede inferir que los sistemas silvopastoriles (*S. pistacifolia*) - pastura (*P. clandestinum*), campanillo (*D. integrifolium*) - pastura (*P. clandestinum*), contribuyen con la fertilidad de estos suelos, al mejorar las entradas y salidas de nutrientes, como los estiércoles depositado por los animales, que ayudan a modificar las propiedades físicas, de esta manera estas especies se convierten en un soporte para disminuir la degradación de los suelos y los pastizales.

Para Hernández (1992), los principales problemas que afectan las pasturas es la reducción de la cantidad de agua disponible para las plantas por la compactación; las pasturas de kikuyo en clima frío se ven afectadas por la sequía, ya que disminuye la cantidad de agua disponible para las plantas. Lo anterior podría estar relacionado con los resultados obtenidos en este tratamiento T<sub>1</sub>, ya que el pastoreo sin cobertura arbórea en este sistema, aumenta la compactación responsable del incremento en la densidad aparente, y en la resistencia a la penetración. Esto produce una disminución en la porosidad total del suelo; los efectos que generan estos cambios provocan menor desarrollo del sistema radical de las pasturas y por lo tanto del desarrollo de las mismas reduciendo una menor producción en porcentaje de materia seca. Siendo una clara muestra, que las explotaciones en monocultivos generan una disminución progresiva de nutrientes, de materia orgánica, y una baja en la capacidad de transporte y retención de agua en el perfil del suelo.

Para Céspedes (2003), el Eucalipto (*E. globulos*), responde a una menor incorporación de residuos orgánicos respecto a las pasturas, debido a que son más resistentes a la biodegradación y por lo tanto disminuye la fertilidad del suelo, razón por lo cual se puede inferir con los resultados encontrados en el T<sub>4</sub>, que muestran diferencias significativas frente al T<sub>3</sub> y T<sub>5</sub>, al disminuirla materia orgánica afectando directamente la aireación, la actividad biológica y la fertilidad del suelo.

## CONCLUSIONES

Los tratamientos T<sub>2</sub> Bosque, T<sub>3</sub> pichuelo (*Senna pistacifolia*) - pastura (*Pennisetum clandestinum*), T<sub>5</sub> campanillo (*Delastoma integrifolium*) - pastura

(*Pennisetum clandestinum*) y T<sub>4</sub> Eucalipto (*Eucalyptus globulos*) – pastura (*Pennisetum clandestinum*) presentaron mayor valor en la porosidad total, conductividad hidráulica y menor valor de densidad aparente y resistencia a la penetración; por el contrario el tratamiento T<sub>1</sub> Pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), manifestó una disminución en la porosidad total, en la conductividad hidráulica y un aumento en la densidad aparente y resistencia a la penetración.

Los tratamientos que mostraron mejor comportamiento con respecto al porcentaje de materia seca en los diferentes usos del suelo fueron T<sub>3</sub> y T<sub>5</sub>; por el contrario los tratamientos T<sub>4</sub> y T<sub>1</sub> mostraron una disminución considerable en esta variable.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, D., ORDÓÑEZ, Y. 2009. Dinámica y movimiento del agua en suelos con diferentes usos en sistemas productivos del altiplano de Nariño, municipio de Pasto. Tesis de grado Ingeniería Agroforestal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. 24 P.
- AGUIRRE, A.; ANGULO, F. 2005. Evaluación de algunas propiedades físicas, químicas y la macrofauna en tres épocas del año; bajo un sistema silvopastoriles en el municipio de Pasto, Departamento de Nariño, Colombia. 105p.
- ALCALDIA MUNICIPAL DE EL TAMBO. 2008. Plan de Ordenamiento Territorial. 67p.
- AMEZQUITA, E. 1998. Manejo de suelos e impacto ambiental. IX Congreso Colombiano de la ciencia del suelo. 27p.
- ANDERSON, D. 1983. Compatibilidad entre pastoreo y mejoramiento de los pastizales naturales. Produccion animal, Buenos Aires Argentina, 10: 3-22.
- CAVAZOS, T. 1993. Manual de prácticas de física de suelos. Mexico, Trilllas, 99p.
- CERON, N.; VILLAREAL, M. 2005. Evaluación en la fase de establecimiento de arreglo agroforestal pastura en callejones Acacia Negra con pasto kikuyo, en el centro de investigación CORPOICA Obonuco, municipio de Pasto. Tesis de grado Ingeniería Agroforestal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. 128p.
- CAMERO, A. 1996. Desarrollo de sistemas silvopastoriles y sus perspectivas en la producción de carne y leche en el trópico. En: Alternativas para mejorar la sostenibilidad de la ganadería Colombiana. Bogotá: CORPOICA. 108p.
- CATIE, 2004. Enfoque Silvopastoriles integrado para el manejo de ecosistemas. FAO. Turrialba. 155p.
- CÉSPEDES, C. 2003. Impacto de las plantaciones de eucalipto en el suelo en el departamento de Paysandú Uruguay. 160p.
- CECCON, E. 1999. Aspectos ambientales referentes al establecimiento de plantaciones de eucalipto de gran escala en aéreas tropicales. Revista Interciencia. 24(5): 61-67
- CIPAV. 1997. Efecto de las transformaciones de agroecosistemas cafeteros sobre las características físicas, químicas, y biológicas de suelos en el departamento del Quindío Colombia. 250p.

- CORPONARIÑO, 2002. Plan de Gestión Ambiental Regional. 2002-2012.
- FOLONI, J., CALONEGO, J.; de Lima, S. 2003. Efecto de la compactación del suelo en desarrollo aéreo y radical de cultivos de Brasil. *Revista Agropecuaria Brasileira*. 38(8): 947-953.
- GIRALDO, A. 1995. Efecto de tres densidades de árboles en el potencial forrajero de un sistema silvopastoril natural en la región Atlántica de Colombia. *Revista agroforestería de las Américas, Turrialba, CATIE*, 20p.
- HARTGE, K. H. y ELLIES, A. 1990. Changes in soil structure as caused by land use after clearing virgin forest. *Z. f. Bodenkunde und Pflanzenernahrung*. 153:389-393.
- HERNÁNDEZ, O. 1992. Manual de riego por aspersión. Universidad Central de Venezuela. Caracas. 139p.
- HOLDRIDGE, L. 1979. Ecología basada en zonas de vida. IICA. San José. 216 p.
- IGAC. 1990. Métodos analíticos de laboratorio de suelos. Bogotá: IGAC. 502p.
- JARAMILLO, D. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Medellín: UNAL. 614p.
- KAURICHEV, I. 1984. Prácticas de edafología. 1ª. Ed. en español. Ed. Mier. Moscu. 280p.
- ORDÓÑEZ, N., López E.; Botero, P. 1992. Cambios en las propiedades de los suelos, relacionados con la colonización del bosque natural, en un área del Guaviare. *Colombia Amazónica* 6 (1): 37-64
- PINZÓN, A Y AMEZQUITA. 1991. Compactación de suelos por el pisoteo de animales en pastoreo en el piedemonte amazónico de Colombia. *Pasturas tropicales*. 13(2): 21-26.
- PEZO E IBRAHIM, 1998. Sistemas silvopastoriles. Turrialba, Costa Rica, CATIE 258 p.
- VILLANUEVA, C. e IBRAHIM, M. 2002. Evaluación del impacto de los sistemas silvopastoriles sobre la recuperación de pasturas degradadas y su contribución en el secuestro de carbono en lecherías de altura en Costa Rica. En: *Agroforestería de las Américas*. Vol. 9 No. 35-36.