

**EFFECTO DEL COMPONENTE ARBÓREO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE  
FITOMASA, MATERIA ORGÁNICA Y ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL  
SUELO EN DOS SISTEMAS SILVOPASTORILES EN EL CENTRO AMBIENTAL  
CHIMAYOY EN EL MUNICIPIO DE PASTO**

**GIOVANNY JURADO D.  
GUILLERMO ROMERO O.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL  
SAN JUAN DE PASTO  
2011**

**EFFECTO DEL COMPONENTE ARBÓREO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE  
FITOMASA, MATERIA ORGÁNICA Y ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL  
SUELO EN DOS SISTEMAS SILVOPASTORILES EN EL CENTRO AMBIENTAL  
CHIMAYOY EN EL MUNICIPIO DE PASTO**

**GIOVANNY JURADO D.  
GUILLERMO ROMERO O.**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero  
Agroforestal**

**Asesor:  
JORGE ALBERTO VELEZ**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL  
SAN JUAN DE PASTO  
2011**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

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

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

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del Presidente de tesis**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**San Juan de Pasto, Diciembre de 2011**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	7
INTRODUCCIÓN .....	8
MATERIALES Y METODOS .....	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	13
CONCLUSIONES .....	24
BIBLIOGRAFIA .....	25

**EFFECTO DEL COMPONENTE ARBÓREO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE FITOMASA, MATERIA ORGÁNICA Y ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO EN DOS SISTEMAS SILVOPASTORILES EN EL CENTRO AMBIENTAL CHIMAYOY EN EL MUNICIPIO DE PASTO<sup>1</sup>**

**IMPACT OF THE TREE COMPONENT ON BIOMASS PRODUCTION, ORGANIC MATTER AND SOME PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL IN TWO SILVOPASTORIL SYSTEMS IN CHIMAYOY AMBIENTAL CENTER, IN THE MUNICIPALITY OF PASTO.**

GIOVANNY JURADO D.2

GUILLERMO ROMERO O.2

Jorge Vélez L.<sup>3</sup>

**RESUMEN**

El estudio se realizó en la Centro Ambiental Chimayoy, municipio de San Juan de Pasto, departamento de Nariño, Colombia en el Km. 8 de la vía que conduce de Pasto a Chachagüí, a 1°15'40'' latitud Norte y 77°17'05'' longitud Oeste, con una altura de 2.845 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 12°C, su precipitación media anual es de 888.2m.m y una humedad relativa de 83.58%. Con la finalidad de evaluar dos sistemas silvopastoriles de árboles dispersos de motilón silvestre *Freziera canescens* implementado desde hace 8 años y de aliso *Alnus acuminata* de la misma edad, en relación con un sistema tradicional de pradera de pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* y la incidencia de el efecto del componente arbóreo sobre la producción de fitomasa, materia orgánica y las propiedades físicas del suelo. En cuanto a las propiedades físicas del suelo se tomó como

---

<sup>1</sup> Artículo presentado a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño como requisito para optar el Título de Ingeniero Agroforestal.

<sup>2</sup> Estudiante tesista, FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS. PROGRAMA INGENIERÍA AGROFORESTAL. Universidad de Nariño, 2011; E-mail: [guilleromer@gmail.com](mailto:guilleromer@gmail.com), [giovajura@gmail.com](mailto:giovajura@gmail.com).

<sup>3</sup> Profesor Tiempo Completo. I. AF. MSc .Suelos. Facultad Ciencias Agrícolas, Programa Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. Pasto – Colombia. E-mail: [jvelezlozano@gmail.com](mailto:jvelezlozano@gmail.com)

referencia un bosque primario, se realizó un muestreo de dos distancias respecto a cada árbol representativo a partir de un diseño de bloques completos al azar en un arreglo factorial  $3 \times 2 - 1$  con 5 tratamientos y 4 replicaciones, para un total de 20 unidades experimentales. Donde cada replicación es el número de cortes que se realizó cada 30 días. A su vez para realizar un muestreo de suelos se manejo las mismas distancias y dos profundidades, teniendo en cuenta el sistema radical del pasto kikuyo, obteniendo un diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial disminuido de  $(4 \times 2 \times 2) - 4$  con 12 tratamientos y 3 replicaciones, para un total de 36 unidades experimentales.

**Palabras clave:** Fitomasa, sistemas silvopastoriles, materia orgánica, propiedades físicas.

### ABSTRACT

The research was made in Chimayoy Ambiental Center which is located in municipality of San Juan of Pasto, department of Nariño, Colombia at 8km on the road from Pasto to Chachagüi. At  $1^{\circ}15'40''$  northern latitude and  $77^{\circ}17'05''$  western longitude, with a altitude of 2.845 m.a.s.l. its average temperature is  $12^{\circ}\text{C}$  its annual precipitation is 88.2mm with a relative percentage of humidity of 83.58%. The study is to evaluate the two silvopastoril systems of dispersed trees in pastures. One of these systems was motilón silvestre *freziera canescens* planted 8 years ago, and the other one was aliso *Alnus acuminata*, both are the same age, in relation with a traditional system of pasture kikuyo *Pennisetum clandestinum* and the incidence of effect of arboreal component on the phytomass, the organic matter production and the physical properties of soil. As to the phytomass assessing was selected. In order to estimate the physical properties of soil a primary forest was taken as reference too. It is worth noting the absence of animals in the systems. Two distances were used for making the statistical sampling. Based on a randomized block design with four repeat doses per treatment, in reduced a factorial arrangement  $3 \times 2 - 1$  with 5 treatments, and 4 repetitions, at the end it had 20 experimental units as result. Every repetition is the number of cuts which were done every 30 days. At the same time for taking the soil samplings, it was used the same distances and two different depths, considering the root system of pasture kikuyo. In this way, we got a randomized block design with a reduced factorial arrangement

(4x2x2)-4 with 12 treatments and 3 repetitions. At the end it had 36 experimental units as result.

**Keywords:** phytomass, silvopastoral systems, organic matter, physical properties of soil.

## INTRODUCCIÓN

En Colombia la superficie total agropecuaria está estimada en 51'008.326 has, de las cuales el renglón pecuario ocupa 37'185.336 has. La mayor parte del área pecuaria está dedicada a pastos para la ganadería bovina (aproximadamente 30 millones de has equivalentes al 80.64%), manejada en un 70% bajo sistemas de producción extensivos. Estos sistemas extensivos están caracterizados por una baja eficiencia en el uso del suelo, sumado a un gran deterioro ambiental a causa de problemas de deforestación, quemas, erosión, pérdida de biodiversidad, inequidad social, entre otros factores que han hecho que la ganadería bovina sea vista como un sector productivo no apto para la actualidad ecológica mundial Mahecha, (2003).

En el departamento de Nariño la estructura de la tenencia de la tierra es mayoritariamente minifundista, donde el 80% de los predios son menores de 5 hectáreas Viloría (2007). El sistema ganadero extensivo predominante, afecta altamente el suelo y en muchos casos lo ha agotado totalmente. Grandes áreas boscosas, por deforestación, destrucción y transformación de los sistemas naturales son hoy pastizales homogéneos de baja diversidad biológica y de poca calidad nutritiva para el ganado Laguado (2003).

El progresivo deterioro de los suelos en la zona Andina es un problema derivado de un conjunto de factores tales como: patrones de uso y ocupación de la tierra insostenibles, ampliación de la frontera agrícola, prácticas inadecuadas de manejo y la contaminación que conllevan a su destrucción, debido a un aprovechamiento por encima de su capacidad de regeneración; rebajándose el potencial del suelo, lo cual se traduce en bajas producciones y rendimientos por unidad de área. Esto ha ocasionado algunas limitantes como son: erosión,

disminución de la fertilidad de los suelos, pérdida de materia orgánica, pérdida de la capacidad productiva, acidificación de los suelos y en algunos casos salinización por el uso indiscriminado de fertilizantes que conllevan a la degradación ambiental, a la crisis de las unidades agropecuarias familiares y por ende la baja calidad de vida de las comunidades (CORPONARIÑO, 2007).

A su vez Gómez *et al.*, (1997), en el municipio d El Dovio (Valle del Cauca-Colombia) sobre la Cordillera Occidental en una zona marginal cafetera que corresponde a bosque húmedo pre-montano, evaluaron dos bancos de proteína como sistemas comparados con un potrero, enfatizando en la fertilidad entendida como la expresión de la interacción de las diferentes variables físicas, químicas y biológicas que la generan.

De acuerdo con lo anterior, los sistemas silvopastoriles, se constituyen como una alternativa de manejo, que tienen como objetivo incrementar la productividad del recurso suelo, el beneficio en la finca (reducción de insumos, aumento de salidas, protección contra el viento, y redistribución de la lluvia entre otros), reducir los riesgos (como el ataque de plagas, enfermedades, estrés térmico y heladas) y de esta manera aumentar la rentabilidad del sistema productivo Pezo e Ibrahim, (1998).

Al respecto, Aguirre y Angulo (2005) encontraron que los usos de mejor comportamiento con respecto a algunas propiedades físicas evaluadas fueron bosque nativo, y cerca viva multiestrato compuesta de acacia *Acacia decurrens*, quillotocto *Tecoma stans* y mora *Rubus glaucus*, ya que presentaron menor valor en densidad aparente y valores máximos para porosidad total; por el contrario los usos monocultivo de papa *Solanum tuberosum*, y pradera de pasto kikuyo *P. clandestinum* mostraron un deterioro considerable en sus propiedades al mostrar disminuciones en los valores de porosidad total, además de un incremento en la densidad aparente.

Por tal razón el objetivo de esta investigación es evaluar efecto del componente arbóreo sobre la producción de fitomasa, materia orgánica y algunas propiedades físicas del suelo

en los tres sistemas productivos; pradera solo con pasto kikuyo *P. clandestinum*, árboles dispersos de Aliso *A. acuminata* y árboles dispersos de motilón silvestre *F. canescens* en la Centro Ambiental Chimayoy, municipio de Pasto.

## **MATERIALES Y METODOS**

La investigación se realizó en el centro ambiental Chimayoy presenta una altura de 2.845m.s.n.m, una temperatura promedio de 12°C, su precipitación media anual es de 888.2 mm., la humedad relativa es 83.58%, un brillo solar de 92.3 horas, evaporación de 76.9 mm., y ETP de 53.57 mm (IDEAM 1987, 2005).

El Centro Ambiental Chimayoy administrado por Corponariño, se encuentra en una zona de vida denominada bosque seco montano bajo (bs – MB) (Holdridge 1967). Los suelos de clima frío en el departamento de Nariño tienen texturas medias, con predominio de las francas sobre las franco-arcillosas. En general, los suelos tienen altas proporciones de limos y arcillas. 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 y Pantoja (1993).

En los sistemas de aliso *A. acuminata* y motilón silvestre *F. canescens*, se hizo una preselección de los árboles a evaluar teniendo en cuenta altura, diámetro de fuste, diámetro de copa y efecto de borde con el fin de determinar los árboles más apropiados los cuales fueron marcados para el estudio, el sistema de bosques primario fue tomado con el fin de tener un referente respecto a los demás sistemas en cuanto a la evaluación y conservación de los suelos.

Para la recolección de muestras de fitomasa se realizó un aforo mediante un cuadro de 25x25cm, y se delimitó el área del cuadro con el fin de medir en dicho punto el rebrote. Cada corte de pasto kikuyo se guardó en bolsas rotuladas y se llevó a los laboratorios

especializados de la Universidad de Nariño para estimar los contenidos de materia seca (%MS) y los porcentajes de proteína cruda (%PC).

Para el muestreo de suelos, con los mismos árboles de referencia para cada sistema se extrajo suelo con el uso del barreno, se guardó en bolsas rotuladas, y se llevó a secar con el fin de evaluar las siguientes propiedades físicas: densidad aparente ( $D_A$ ), densidad real ( $D_R$ ), porcentaje de porosidad (%P), conductividad hidráulica ( $K_S$ ), capacidad de campo (CC), y textura del suelo (Tabla N°1).

**Tabla No. 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 biselado	IGAC (1990)
Porosidad total	$P=[D_a/D_r]*100$	IGAC (1990)
Conductividad hidráulica	Permeámetro de cabeza constante	Klute (1982)
Materia Orgánica	Combustión húmeda	Walkley & Black, 1934

Para el análisis de las variables, materia seca (%Ms), y proteína cruda (%PC.) se utilizó un diseño en bloques completos al azar en un arreglo factorial disminuido ( $3 \times 2$ ) -1, con 5 tratamientos y 4 replicaciones, para un total de 20 unidades experimentales. El número de cortes son las replicaciones (Tabla N° 2).

**Tabla No. 2: Tratamientos para el análisis de fitomasa.**

Trat.	Factor A	Factor B
1	Pradera	-
2	Sist. <i>F. canescens</i> con kikuyo	20 a 45cm.
3	Sist. <i>F. canescens</i> con kikuyo	100 a 125cm.
4	Sist. <i>A. acuminata</i> con kikuyo	20 a 45cm.
5	Sist. <i>A. acuminata</i> con kikuyo	100 a 125cm.

Donde el factor A corresponde a los sistemas de producción de pasto kikuyo *P. clandestinum* ya sea en monocultivo, en asocio con aliso *A. acuminata* o en asocio con motilón silvestre *F. canescens*. El factor B son las distancias de corte del pasto con respecto a la base del árbol en los sistemas silvopastoriles, tomándose valores de 20 a 45cm. y de 100 a 125cm.

En lo que respecta al muestreo de suelos, se recurrió a un diseño en bloques completos al azar en un arreglo factorial disminuido (4x2x2) -4 con 12 tratamientos y 3 replicaciones, para un total de 36 unidades.

**Tabla No. 3: Tratamientos para el análisis de suelos.**

Trat	Factor A.	Factor B.	Factor C.
1	Pradera	-	0 a 20cm.
2	Pradera	-	20 a 40cm.
3	Sist. <i>F. canescens</i> con kikuyo	20 a 45cm.	0 a 20cm.
4	Sist. <i>F. canescens</i> con kikuyo	20 a 45cm	20 a 40cm.
5	Sist. <i>F. canescens</i> con kikuyo	100 a 125cm.	0 a 20cm.
6	Sist. <i>F. canescens</i> con kikuyo	100 a 125cm.	20 a 40cm.
7	Sist <i>A. acuminata</i> con kikuyo	20 a 45cm.	0 a 20cm.
8	Sist. <i>A. acuminata</i> con kikuyo	20 a 45cm	20 a 40cm.
9	Sist. <i>A. acuminata</i> con kikuyo	100 a 125cm.	0 a 20cm.
10	Sist. <i>A. acuminata</i> con kikuyo	100 a 125cm.	20 a 40cm.
11	Bosque	-	0 a 20cm.
12	Bosque	-	20 a 40cm.

Donde el factor A son los corresponde a los sistemas de producción de pasto kikuyo *P. clandestinum* ya sea en monocultivo, en asocio con aliso *A. acuminata* o en asocio con motilón silvestre *F. canescens*. El factor B son las distancias respecto a la base del árbol. Las distancias a medir son de 20 a 45cm. y de 100 a 125 cm. para cada uso del suelo, y el factor C corresponde a la profundidad en centímetros del suelo que se va a estudiar, se ha tomado los valores de 0 a 20cm y de 20 a 40cm.

Se incluyó además muestras de suelo de un bosque primario en la zona, con el fin de tener una referencia de estas propiedades en suelos que no presentan intervención, lo cual aumentó un nivel en el factor A.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Componente Fitomasa

El análisis de varianza indica diferencias altamente significativas (<0.0001) entre los sistemas para las variables materia seca y proteína cruda. Para el factor distancia y la interacción sistema\*distancia, no se presentaron diferencias estadísticas significativas.

**Tabla No 4. Análisis de varianza para porcentaje de materia seca y proteína cruda de pasto kikuyo en diferentes usos del suelo, en el Centro Ambiental Chimayoy 2011.**

Fuente de Variación.	gl	Cuadrado medio		p>F	
		MS	PC	MS	PC
Modelo	7	41.77	23.93	0.0003	<0.0001
Bloque	3	12.78	22.07	0.0519	0.0001
Sistema	2	126.57**	50.64**	<0.0001	<0.0001
Distancia	1	0.17 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	0.8304	0.8890
Sistema*Distancia	1	0.72 <sup>ns</sup>	1.8E-05 <sup>ns</sup>	0.6636	0.9968
Error	11	3.62	1.04		
Total	18				

\*\* : Altamente significativo al 99% de confiabilidad  
 ns: No Significativo.

La prueba de comparación de medias de Tukey, muestra que el kikuyo en monocultivo con un porcentaje de materia seca de 29.20%, difiere significativamente de los sistemas de aliso y motilón.

Mientras que para proteína cruda el sistema *A. acuminata* con un promedio de 19,74% difiere significativamente de los sistemas *F. canescens* y pradera con 17,78% y 12,51%, respectivamente.

**Tabla No 5. Prueba de comparación de medias de Tukey para %MS y %PC y Toneladas por hectárea de pasto kikuyo en diferentes usos del suelo, en el Centro Ambiental Chimayoy 2011.**

Sistema	MS.	PC.	F.V. t/h	M.S. t/h
Pradera	29.20 a	12,51% c	4,76 a	1,54 a
Sist. <i>A. acuminata</i> con kikuyo	19.06 b	19,74% a	4,16 a	0,79 b
Sist. <i>F. canescens</i> con kikuyo	18.44 b	17,78% b	2,17 c	0,40 c

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

Según Zelada (1996) señala que la producción de materia seca de las gramíneas forrajeras, disminuye a medida que aumenta el nivel de sombreado, consecuencia de una menor tasa fotosintética. En respuesta el pasto kikuyo genera mayor elongación y reduce el grosor de sus hojas, con el fin de captar más luz y reducir la respiración. (Wilson y Ludlow 1991), de igual manera. Torres *et al.* (2009), encontraron en un sistema silvopastoril con *P. clandestinum* que el porcentaje de materia seca fue altamente significativo cuando el pasto se encontraba a distancias superiores 1 m con respecto al árbol en comparación con pasturas sembradas a distancias más cercanas.

El aumento de proteína cruda en los sistemas silvopastoriles aseverado por muchos autores, al respecto, Belsky (1992) afirma que existen mayores concentraciones de nitrógeno en el forraje de los pastos que crecen en interacción con árboles, respecto a los no sombreados. Por otro lado, Chamorro *et al.* (2009), reportan que los porcentajes de proteína de *P. clandestinum* fueron superiores cuando estaba asociado con *A. acuminata* y *A. decurrens*.

Sánchez (2002), afirma respecto al contenido de proteína del pasto kikuyo que: “Si se asume una buena disponibilidad de forraje y consumo de materia seca, los animales que se alimentan de pasto Kikuyo deben suplementarse con alimentos balanceados que contengan 14% de proteína cruda. Si la producción promedio de leche en el hato es superior a 30 kg, el alimento balanceado debe contener 16% de proteína cruda”.

Respecto al forraje verde y la materia seca en toneladas por hectárea la prueba de comparación de medias de Tukey para los sistemas muestra que el aliso con pasto kikuyo con un porcentajes de 4.16, y 0.79, sobresale significativamente entre los sistemas motilón y pradera en lo que respecta a producción de forraje verde y materia seca en toneladas por hectárea. En concordancia a (Mármol 1995), la mayor producción de forraje verde se debe fundamentalmente a una mejor producción de materia orgánica acumulada, especialmente en la temporada de lluvia (Tabla N°5).

### Componente Suelos

**Tabla No 6. Análisis de varianza para estimación de densidad aparente, porosidad y materia orgánica del suelo en diferentes sistemas de producción ganadera en el Centro Ambiental Chimayoy 2011.**

F.V.	gl	CUADRADOS MEDIOS			p>F		
		DA	P	MO	DA	P	MO
Modelo.	13	0,03	748,56	31,24	<0,0001	0,0019	0,0015
Bloque	2	0,05	276,2	102,81	<0,0001	0,2438	0,0001
Sistema	3	0,06**	1392,41**	57,98**	<0,0001	0,0012	0,001
Distancia	1	0,01 <sup>ns</sup>	25,64 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,0034	0,712	0,7725
Profundidad	1	0,01 <sup>ns</sup>	1290,27*	1,44 <sup>ns</sup>	0,0034	0,0145	0,663
Sistema*Distancia	1	0,01**	41,25 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	0,0009	0,64	0,7457
Sistema*Profundidad	3	0,01**	1206,86**	7,31 <sup>ns</sup>	0,0004	0,0024	0,4153
Distancia*Profundidad	1	0,01**	8,19 <sup>ns</sup>	1,69 <sup>ns</sup>	0,0059	0,8346	0,6366
Sistema*Distancia*Profundidad	1	1,80E-03 <sup>ns</sup>	15,69 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	1,01E-01	0,7727	0,8949
Error	22	6,00E-04	183,41	7,37			
Total	35						

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

\*Significativo al 95% de confiabilidad.

ns: No Significativo.

**Densidad aparente (DA).** El análisis de varianza indica diferencias estadísticas altamente significativas (<0.0001) entre los sistemas. No se presentó diferencias significativas en cuanto a la distancia y la profundidad, las Interacciones sistema\*distancia,

sistema\*profundidad y distancia\*profundidad presentaron diferencias estadísticas significativas. La interacción sistema\*distancia\*profundidad no presentó diferencias estadísticas significativas (Tabla N° 6).

**Tabla No 7. Prueba de comparación de medias de Tukey para densidad aparente de sistema\*distancia en diferentes sistemas de producción ganadera en el Centro Ambiental Chimayoy 2011.**

Sistema	Distancia	Medias
Sist. <i>F. canescens</i> con kikuyo	20-45	0,52 a
Sist. <i>F. canescens</i> con kikuyo	100-125	0,52 a
Bosque	-	0,44 b
Sist. <i>A. acuminata</i> con kikuyo	100-125	0,42 b
Sist. <i>A. acuminata</i> con kikuyo	20-45	0,34 c
Pradera	-	0,34 c

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ).*

La prueba de comparación de medias de Tukey indica efectos de interacción, es decir la densidad aparente se ve afectada por los sistemas a cierta distancia respecto al árbol. Es decir que, el sistema *F. canescens* a las dos distancias con un promedio de  $0,52 \text{ g/cm}^3$  presenta diferencias estadísticas significativas frente a los demás usos.

En discrepancia con Aguirre y Angulo (2005), en un estudio realizado en el departamento de Nariño, Colombia, no existieron diferencias estadísticas entre los sistemas implementados para la densidad aparente, lo cual 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 los diferentes sistemas evaluados y a consecuencia del tiempo de implementados estos sistemas disminuya los valores de densidad aparente implicando que estos suelos sean más porosos, bien aireados y con buen drenaje. Por el contrario Jones, (1983) afirma que con un incremento de la densidad aparente, la porosidad del suelo tiende a disminuir, con estos cambios limitan el crecimiento de las raíces a valores críticos. Los valores críticos de la densidad aparente para el crecimiento de las raíces, varían según la textura que presente el suelo y del tipo de especie del cual se trate. En

relación con esto se evidencia una clara influencia de los sistemas y su densidad de siembra sobre la densidad aparente de los suelos.

**Tabla No 8. Prueba de comparación de medias de Tukey para densidad aparente de sistema\*profundidad en diferentes sistemas de producción ganadera en el Centro Ambiental Chimayoy 2011.**

Sistema	Profundidad	Medias	
Sist. <i>F. canescens</i> con kikuyo	20-40	0,53	a
Sist. <i>F. canescens</i> con kikuyo	0-20	0,51	a b
Bosque	0-20	0,47	b c
Bosque	20-40	0,41	c d
Sist. <i>A. acuminata</i> con kikuyo	20-40	0,4	d
Pradera	20-40	0,38	d
Sist. <i>A. acuminata</i> con kikuyo	0-20	0,36	d
Pradera	0-20	0,29	e

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )*

La prueba de comparación de medias de Tukey indica efectos de interacción, es decir la densidad aparente se ve afectada por los sistemas a determinada profundidad del suelo. Para el sistema de motilón a sus dos profundidades presentó una densidad aparente promedio de  $0.52 \text{ g/cm}^3$  respecto a los demás sistemas de aliso, bosque y pradera. Según Howard y Singer (1981), al determinar las densidades aparentes de varios suelos de selva, encontraron que el rango varía de  $0,51$  a  $1,49 \text{ g/cm}^3$  y además concluyen que la mayoría de las superficies de los suelos tropicales bajo vegetación natural mantienen densidades aparentes óptimas, relacionando esto con la buena estructura.

Mazurak *et al.* (1960), indicaron que para muchos suelos, 7 ó 8 años de pastos restauran las propiedades físicas hasta casi los niveles que tenía cuando virgen. Esto se observa prioritariamente en el sistema de aliso con kikuyo y motilón con kikuyo los cuales han reducido el porcentaje de densidad aparente presentando a la vez mayor densidad a 100-125 cm de distancia del árbol. Esto se atribuye a que la cuales densidad aparente es altamente variable. Esta es afectada por la estructura del suelo o grado de compactación, también por

sus características de contracción y expansión. Esto último depende tanto de su contenido de arcilla como de la humedad del suelo Ingaramo, (2003).

El sistema bosque a una profundidad de 0-20 cm presenta una mayor densidad aparente respecto a la profundidad 20-40 cm. Según Alvarado y Forsythe (2005) en relación con la profundidad del suelo, se puede notar un valor de la densidad aparente ligeramente inferior en el primer intervalo de profundidad, probablemente debido a una mayor actividad biológica cerca de la superficie, lo que redundaría en un alto porcentaje de raíces, un mayor número de animales del suelo y una adición de residuos mayor al que ocurre en los intervalos a mayor profundidad.

Los sistemas de motilón con kikuyo y aliso con kikuyo presentan a una profundidad de 20-40 cm una mayor densidad aparente respecto a la profundidad 0-20 cm. En concordancia con estudios realizados por Alvarado y Forsythe (2005) en los cuales la densidad aparente aumenta ligeramente entre 20-60 cm de profundidad, probablemente como resultado del uso pecuario al que se someten estos suelos. Así como a un error de muestreo asociado a un mayor contenido de humedad al momento de tomar las muestras de suelo a esta profundidad.

**Tabla No 9. Prueba de comparación de medias de Tukey para densidad aparente de distancia\*profundidad en diferentes sistemas de producción ganadera en el Centro Ambiental Chimayoy 2011.**

Distancia	Profundidad	Medias	
100-125	0-20	0,47	a
100-125	20-40	0,47	a
20-45	20-40	0,43	b
20-45	0-20	0,39	c

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )*

La prueba de comparación de medias de Tukey indica efectos de interacción, es decir la densidad aparente se ve afectada por las distancias a determinada profundidad del suelo.

Las distancias de 100-125 con profundidades de 0-20 cm y 20-40 cm presentan una mayor densidad aparente con una densidad promedio de 0.47 g/cm<sup>3</sup> respecto a las distancias de 20-45 cm. Esto se debe al elevado contenido de materia orgánica asociado a la alta retención de humedad disminuye los valores de este parámetro; sin embargo, los promedios por intervalo se encuentran todos a valores menores a 0,95 Mg, considerado como máximo para la clasificación de suelos de tipo arcilloso Alvarado y Forsythe (2005).

**Porosidad (P).** El análisis de varianza indica diferencias estadísticas altamente significativas (<0.001) para los sistemas. La profundidad presentó diferencias significativas al (<0.05) y las distancias no presentaron diferencias significativas. El sistema\*profundidad presentó diferencias significativas, las demás interacciones sistema\*distancia, distancia\*profundidad y sistema\*distancia\*profundidad no presentaron diferencias estadísticas significativas (Tabla N° 6).

**Tabla No 10. Prueba de comparación de medias de Tukey para porosidad de sistema\*profundidad en diferentes sistemas de producción ganadera en el Centro Ambiental Chimayoy 2011.**

Sistema	Profundidad	Medias	
Pradera	0-20	86,93	a
Sist. <i>A.acuminata</i> con kikuyo	20-40	83,04	a
Sist. <i>A.acuminata</i> con kikuyo	0-20	82,93	a
Sist. <i>F.canescens</i> con kikuyo	20-40	79,33	a
Bosque	0-20	78,18	a
Sist. <i>F.canescens</i> con kikuyo	0-20	78,03	a
Pradera	20-40	65,12	a
Bosque	20-40	25,31	b

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )*

La prueba de comparación de medias de Tukey indica efectos de interacción, es decir la porosidad se ve afectada por los sistemas a determinada profundidad del suelo. La pradera presentó una porosidad de 86.93% para la profundidad uno y el sistema de aliso para sus dos profundidades presentó una porosidad promedio de 82.84% respecto a los demás sistemas de motilón y bosque.

Según Malagón y Montenegro (1990), manifiestan que, si se buscan las razones por la que la porosidad se ve afectada por el árbol, se obtiene que de las opciones más relevantes, es la reducción de la tasa de evaporación debido al efecto de los residuos superficiales y a la disminución del área de suelo expuesta al ambiente, por su menor disgregación. Esto explica porque los sistemas de bosque, motilón y aliso presentaron mayor porosidad en relación con la pradera. Burbano *et al.*, (2006) afirma que el contenido de materia orgánica del suelo tiende a mantener por más tiempo la condición de humedad del suelo en la capa superficial del suelo, lo cual según Pla (1994), varía con el estado de descomposición de la misma y el contenido de arcilla presente.

Los sistemas de aliso, motilón, pradera y bosque con profundidades de 0-20 cm presentan una mayor porosidad respecto a las profundidades de 20-40 cm. Al respecto, Avendaño, (2007) encontró que para los bosques, los suelos presentan una gruesa capa de musgos y materia orgánica humificada que ejerce un efecto importante en la hidrología de estos sistemas los cuales son capaces de almacenar grandes cantidades de agua, hasta seis veces su peso seco. El espacio poroso y la distribución del tamaño de poros de un suelo afectan muchos de los fenómenos, tales como el almacenamiento y movimiento del agua principalmente en la capa superficial del suelo. Torrente (2007).

**Materia Orgánica.** El análisis de varianza presentó diferencias estadísticas altamente significativas ( $<0.001$ ) para los sistemas, para distancias, profundidad, y las interacciones sistema\*distancia, sistema\*profundidad, distancia\*profundidad y sistema\*distancia\*profundidad no presentaron diferencias estadísticas significativas (Tabla N° 6).

**Tabla No 11. Prueba de comparación de medias de Tukey para materia orgánica en diferentes sistemas de producción ganadera en el Centro Ambiental Chimayoy 2011.**

Sistema	Medias	
Bosque	18,33	a
Sist. <i>A.acuminata</i> con kikuyo	16,37	a
Pradera	14,74	a b
Sist. <i>F.canescens</i> con kikuyo	12,34	b

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ).*

La prueba de comparación de medias de Tukey indica que el contenido de materia orgánica, presenta diferencias altamente significativas entre los distintos sistemas. Los valores más altos corresponden al bosque primario y el sistema de aliso con promedios de 18,33 y 16,37 respectivamente, mientras que los sistemas de pradera y motilón con sus valores respectivos 14,74 y 12,34 no presentan diferencias significativas entre sí.

Carceller *et al.* (1989), al evaluar el ciclo de la materia orgánica en bosques caducifolios señalan que la hojarasca es un factor de alta relevancia para la generación de humus, máxime en zonas donde la mineralización lenta. Al respecto, Thompson y Troeh, (1988) apuntan a que los organismos actúan a favor de la mineralización de acuerdo a la relación carbono/nitrógeno en los sistemas. Cuando la relación es muy alta, la hojarasca tiende a acumularse y el nitrógeno disponible es elemento de fuerte competencia entre las plantas y los microorganismos. Retardando aún más los ciclos de la materia orgánica.

**Tabla N° 12 Análisis de varianza para estimación de conductividad hidráulica (Ks) y capacidad de campo (CC) en diferentes sistemas de producción ganadera en el Centro Ambiental Chimayoy 2011.**

F.V.	gl	C.M.		p>F	
		Ks	CC	Ks	CC
Modelo.	13	10,96	117,34	0,0482	0,0878
Bloque	2	3,31	394,19	0,5222	0,0064
Sistema	3	18,51**	134,03 <sup>ns</sup>	0,0259	0,1192
Distancia	1	6,42 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,2666	0,9871
Profundidad	1	0,04 <sup>ns</sup>	1,24 <sup>ns</sup>	0,9256	0,8884
Sistema*Distancia	1	22,93*	45,9 <sup>ns</sup>	0,0425	0,397
Sistema*Profundidad	3	16,89*	86,44 <sup>ns</sup>	0,0352	0,2678
Distancia*Profundidad	1	0,06 <sup>ns</sup>	4,1 <sup>ns</sup>	0,9157	0,7986
Sistema*Distancia*Profundidad	1	0,21 <sup>ns</sup>	24,34 <sup>ns</sup>	0,8404	0,5358
Error	22	4,94	61,51		
Total	35				

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

\**: Significativo al 95% de confiabilidad.*

*ns: No significativo.*

**Conductividad Hidráulica (Ks):** El análisis de varianza indica diferencias estadísticas altamente significativas en cuanto a sistemas, en cuanto a distancias y profundidades no presentó diferencias estadísticas significativas. Para las interacciones sistema\*distancia y sistema\*profundidad presentó diferencias significativas, y para las demás interacciones distancia\*profundidad y sistema\*distancia\*profundidad, no presentaron diferencias estadísticas significativas.

**Tabla No 13. Prueba de comparación de medias de Tukey para conductividad hidráulica de sistema\*distancia en diferentes sistemas de producción ganadera en el Centro Ambiental Chimayoy 2011.**

Sistema	Distancia	Medias	
Sist. <i>A. acuminata</i> con kikuyo	20-45	7,29	a
Sist. <i>F. canescens</i> con kikuyo	100-125	6,15	ab
Sist. <i>F. canescens</i> con kikuyo	20-45	5,23	ab
Bosque	-	4,92	ab
Sist. <i>A. acuminata</i> con kikuyo	100-125	4,3	ab
Pradera	-	2,34	b

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )*

La prueba de comparación de medias de Tukey indica efectos de interacción, es decir la conductividad hidráulica se ve afectada por los sistemas a determinada distancia del árbol. Los resultados revelan que el sistema aliso presenta diferencias significativas en cuanto a

esta variable, ya que la distancia más próxima a los árboles presenta un valor de 7,29. Este mismo sistema a partir de los 100cm no presenta diferencias significativas en relación a los demás tratamientos. Cabe resaltar que en ausencia de árboles el valor de conductividad es significativamente el menor.

Ramírez *et al.* (2005), concluyen que los sistemas de recuperación del suelo permiten un movimiento más rápido del agua, favorecida por la presencia de cobertura vegetal natural, la obtención de mayores contenidos de materia orgánica y la mayor presencia de fauna en el suelo. Además que “a medida que aumenta el porcentaje de materia orgánica aumenta la conductividad hidráulica, ya que la materia orgánica contribuye considerablemente en la formación de la estructura del suelo, disminuye la compactación y mejora la macroporosidad del mismo, con lo cual se facilita la entrada y movimiento del agua”.

**Tabla No 14. Prueba de comparación de medias de Tukey para conductividad hidráulica de sistema\*profundidad en diferentes sistemas de producción ganadera en el Centro Ambiental Chimayoy 2011.**

Sistema	Profundidad	Medias	
Bosque	0-20	7,3	a
Sist. <i>A. acuminata</i> con kikuyo	20-40	6,55	a b
Sist. <i>F. canescens</i> con kikuyo	20-40	6,51	a b
Sist. <i>A. acuminata</i> con kikuyo	0-20	5,03	a b
Sist. <i>F. canescens</i> con kikuyo	0-20	4,87	a b
Pradera	0-20	2,92	a b
Bosque	20-40	2,55	a b
Pradera	20-40	1,77	b

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )*

La prueba de comparación de medias de Tukey indica efectos de interacción, es decir la conductividad hidráulica se ve afectada por los sistemas a diferentes profundidades. El

bosque primario y los demás sistemas presentan mayores valores de conductividad hidráulica diferenciándose estadísticamente de la pradera con un valor de 1,77 cm/hora.

El valor de esta variable parece estar en correlación directa con la porosidad y la cantidad de materia orgánica, como indica Leitón, (1985). En concordancia los suelos de bosque primario que se encuentran a menor profundidad presentaron contenidos superiores de materia orgánica y porosidad con respecto a los que se encuentran a mayor profundidad.

## CONCLUSIONES

- La pradera presentó un porcentaje mayor de materia seca respecto a los sistemas silvopastoriles.
- Los porcentajes de proteína cruda fueron significativamente superiores en los sistemas arbolados como lo son el sistema de aliso *Alnus acuminata* y el sistema de motilón *Freziera canescens*.
- La capacidad de campo fue una variable que no presentó diferencias entre tratamientos, por su parte la conductividad hidráulica es superior en los sistemas silvopastoriles y el bosque, es de resaltar que los valores más altos de esta variable fueron encontrados en las distancias más próximas a los árboles de aliso.
- El sistema de motilón presentó una mayor densidad aparente respecto a los demás sistemas silvopastoriles, el sistema de aliso presentó una mayor porosidad en relación con el motilón, la pradera y el bosque.
- El sistema de bosque y aliso presentaron un mayor porcentaje de materia orgánica con valores de 18,33 y 16,37 respectivamente en comparación con los sistemas de motilón y pradera

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Jorge Vélez Lozano, docente Tiempo Completo, Ingeniería Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas, UDENAR, presidente de tesis por su gran contribución y respaldo a nuestro trabajo de investigación.

Jorge Fernando Navia Estrada PhD, por su motivación y respaldo.

Juan Carlos Delgado laboratorista de la Universidad de Nariño por su atención y valioso acompañamiento.

Fabio García España, director del centro ambiental Chimayoy por toda su colaboración y disposición.

a nuestros padres, familiares, amigos y demás personas alrededor que nos brindaron su imponderable apoyo en este proceso.

## **BIBLIOGRAFIA**

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.

ALVARADO A. FORYSTHE W. 2005. Variación De La Densidad Aparente En Órdenes De Suelos De Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 29(1): 85-94.

AVENDAÑO, D. 2007. Biomasa y capacidad de almacenamiento de agua de las epífitas en el Páramo de Guerrero (Cundinamarca, Colombia). Tesis de grado Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Medellín.

BELSKY, A.1992. Effects of trees on nutritional quality of understory and gramineous forage in tropical savannas. *Tropical Grasslands*. 26(1):12-20.

BURBANO, H., CORAL, D., UNIGARRO, A. 2006. Características fisicoquímicas de los suelos de Tangua y Yacuanquer Nariño Colombia. Suelos Ecuatoriales.

CARCELLER F. SANTA CECILIA, M. A., y VALLEJO, V. R. 1989 Primeros datos sobre el ciclo de la materia orgánica en tres bosques caducifolios del Mocayo (Zaragoza) departamento de biología vegetal. Facultad de biología. Universidad de Barcelona.

CHAMORRO, D., GUALDRÓN, E., PADILLA, C. Y JARAMILLO, C. 2009. Respuesta animal en arreglos silvopastoriles de ramoneo y sombra del trópico alto colombiano. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 22(3):545.

CORPONARIÑO, 2007. Plan de Acción Trienal 2007 – 2009. San Juan de Pasto. 137 p.

GARCÍA R. B. Y PANTOJA L C. 1993. Fertilización del cultivo de la papa en el departamento de Nariño. 1993.

Gómez, M., Rodríguez, L., Murgueitio, E., Ríos, C., Rosales, M., Molina, C., Molina, E., Molina, J. 1997. Árboles y Arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica: Matarratón *Gliricidia sepium*, nacedero *Trichanthera gigantea*, Pízamo *Erythrina fusca*, Botón de oro *Tithonia diversifolia*. 2da edición. Cali: CIPAV. 127p.

HOLDRIDGE, L. R. 1967. «Life Zone Ecology». Tropical Science Center. San José, Costa Rica. (Traducción del inglés por Humberto Jiménez Saa: «Ecología Basada en Zonas de Vida», 1a. ed. San José, Costa Rica: IICA, 1982).

HOWARD RF, Singer DMJ (1981) Measuring forest soil bulk density using irregular hole paraffin clod and air permeability. *Forest. Sci.* 27: 316-322.

INGARAMO, O. 2003. Evaluación de la densidad aparente en diferentes sistemas de laboreos de suelo, En el NO de la Península Ibérica. Universidad Nacional Del Nordeste comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2003.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI, 1977. Planchas Ecológicas de Colombia.

JONES, C.A. 1983. Effect of Soil Texture on Critical Bulk Density for Root Growth. Soil Sci. Soc. Am.J. 47, p 1.208 – 1.211.

LAGUADO W. G. De Ganadería extensiva a sistemas silvopastoriles: Una opción de cambio en el Uso de la Tierra y de proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). 2003 [www.carbonoybosques.org/publicaciones/V1n6.pdf](http://www.carbonoybosques.org/publicaciones/V1n6.pdf).

LEITÓN, J. S. 1985. Riego y drenaje. San José, C.R., EUNED. 180p

MAHECHA, L. 2003. Importancia de los sistemas silvopastoriles y principales limitantes para su implementación en la ganadería colombiana. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias Vol. 16: 1, 2003. p. 11 – 18.

MALAGÓN, D Y MONTENEGRO, H. 1990. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá: IGAC. 813p.

MÁRMOL, J. F.1995. Evaluación de accesiones de *Leucaena leucocephala* a pastoreo en el bosque seco tropical II. Valor nutritivo1. Trabajo subvencionado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES-LUZ) y el Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP-ZULIA).

MAZURAK AP, KRIZ W, RAMIG RE (1960) Rates of water entry into a chernozem soil as affected by age of perennial grass sods. *Agron. J.* 52: 35-37.

PEZO, D. Y IBRAHIM, M. 1998. Sistemas silvopastoriles. Módulo de Enseñanza Agroforestal. CATIE-GTZ, Turrialba. 258 p.

PLA, I. 1994. La materia orgánica y la degradación y erosión de suelos en el trópico. En: El componente biorgánico del suelo.p.36-47. VIII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Bucaramanga, Colombia.

RAMÍREZ, R., CARMONA, A., PÉREZ, G. 2005. Cambios en la conductividad hidráulica y su relación con otras variables físicas de un andisol, bajo diferentes sistemas de manejo en el municipio de Marinilla Antioquia. Medellín: UNAL. 24 p.

SÁNCHEZ MI. J.: Uso de Recursos Tropicales en la Alimentación del Ganado Lechero  
2002

TORRENTE, A. 2007. Importancia de las propiedades físicas del suelo en el uso eficiente del agua en la agricultura de alto rendimiento. En: Suelos Ecuatoriales. 37(1): 15-23.

TORRES, L., ARAGÓN, L. Y SILVA, A. 2009. Efecto de la acacia *Acacia decurrens* W. en el desarrollo y producción del pasto aubade *Lolium multiflorum*, L., Botana, departamento de Nariño, Colombia. Tesis de grado Ingeniero Agroforestal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. 20 p.

THOMPSON, L. M. Y TROEH, F. R. 1988. Soils and fertility (fourth edition): p. 308 – 309.

WILSON J. Y M. LUDLOW. 1991. The environment and potential growth of herbage under plantations. En Shelton H.M. y W.W. Stür (Eds.) Forages for Plantations Crops. ACIAR Proceedings No. 32.

ZELADA, C. 1996. Tolerancia a la sombra de especies forrajeras herbáceas en la Zona Atlántica de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 88p.