

EVALUACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO EN EL SISTEMA SILVOPASTORIL DE ARBOLES DISPERSOS DE ALISO *Alnus acuminata* EN LA GRANJA EXPERIMENTAL BOTANA, MUNICIPIO DE PASTO, DEPARTAMENTO DE NARIÑO¹

EVALUATION OF SOME CHEMICAL PROPERTIES OF SOIL UNDER THE SILVOPASTORAL SYSTEM SCATTERED TREES OF ALISO *Alnus acuminata* ON THE EXPERIMENTAL FARM IN BOTANA, MUNICIPALITY OF PASTO, NARIÑO DEPARTMENT.

Jesús Arley Alvear M.²

Ana Milena Cabrera C.²

Jorge A. Vélez L.³

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la influencia ejercida por el árbol de aliso sobre las propiedades químicas del suelo a tres distancias del árbol (50cm, 100cm y 150 cm) bajo los sistemas silvopastoriles árboles dispersos de aliso *Alnus acuminata* en asocio con trébol *Trifolium repens l.* y árboles dispersos de aliso *Alnus acuminata* en asocio con pasto aubade *lolium multiflorum*, se realizó un trabajo de investigación en la Granja Experimental de Botana, municipio de Pasto, departamento de Nariño, a una altura de 2820 m.s.n.m, zona de vida bosque húmedo montano bajo (bh – MB) y suelos formados a partir de depósitos de ceniza volcánica. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial 2x3 con 6 tratamientos y tres repeticiones. En el suelo se determinó pH, CIC, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Materia Orgánica y relación C/N. Los valores mayores de Nitrógeno, Materia Orgánica, relación C/N, CIC y calcio se presentaron en el sistema silvopastoril árboles dispersos de aliso *Alnus acuminata* en asocio con pasto aubade *lolium multiflorum*. Los promedios

¹ Artículo científico presentado como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Agroforestal.

² Estudiantes Ingeniería Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. E-mail: arley800@yahoo.es, anamilena082678@hotmail.com

³ Docente Tiempo Completo, Ingeniería Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. E-mail: jvelezlozano@gmail.com.

mayores de pH se encontraron cuando las muestras se tomaron a una distancia de 150 cm, respecto al árbol y lo contrario sucedió con el Nitrógeno y Materia Orgánica.

Palabras clave: leguminosas, gramíneas, fertilidad de suelos.

ABSTRACT

In order to determine the influence exerted by Aliso tree on chemical properties of the soil to three distances from the tree (50cm, 100cm and 150 cm) under silvopastoral systems, scattered trees of Aliso *Alnus acuminata* in association with clover *Trifolium repens* L. and scattered trees of Aliso *Alnus acuminata* in association with aubade grass *Lolium multiflorum*, was made a research on the Experimental Farm in Botana, municipality of Pasto, Nariño department, at an altitude of 2820 meters above the sea level, an area of low rain forest life (bh - MB) and soils formed by deposits of volcanic ash. They use a design of complete blocks in factorial arrangement 2x3 with 6 treatments and three repetitions. The soil pH was determined, CIC, Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Calcium, Magnesium and Organic Matter. The higher values of nitrogen, organic matter, CIC, calcium y C/N were presented in the silvopastoral system scattered trees of Aliso *Alnus acuminata* in association with Aubade grass, *Lolium multiflorum*. The higher pH averages were found when samples were taken at a distance of 150 cm with respect to the tree and the opposite happened with the Nitrogen and Organic Matter.

Key words: legumes, grass and soils fertility

INTRODUCCION

Los sistemas de producción ganadera son importantes por el suministro de bienes de consumo y los aportes generados a la economía de Colombia, ya que se trata de un renglón que genera el 3% de la riqueza nacional, participa con el 26% del PIB agropecuario y representa el 60% del PIB pecuario (Agenda Interna para la Productividad y la Competitividad, 2007).

La ganadería de leche en Colombia se desarrolla en 22 departamentos ubicados en las costas Atlántica y Pacífica y las regiones Occidental y Central del país. Se destacan algunas cuencas lecheras en el Altiplano Norte de Antioquia, el Cordón de Ubaté, la Sabana de Bogotá y el departamento de Nariño, este último junto a los de la región Pacífica, Valle del Cauca, Cauca y Putumayo contribuyen con 9% de la producción de leche del país. Además mediante la priorización realizada para la Agenda Interna de Nariño, la cadena láctea ocupó el primer lugar entre las Apuestas Productivas del departamento (Agenda Interna para la Productividad y la Competitividad, 2007).

Sin embargo, los sistemas ganaderos manejados de manera convencional, han provocado tasas de deforestación en las zonas alto andinas, que se comprueba en la conversión de zonas boscosas a pastos dando lugar a paisajes fragmentados. La magnitud con que este proceso se ha realizado en América Latina condujo en las décadas pasadas al señalamiento internacional de la ganadería como una gran amenaza ecológica del bosque tropical (Kaimowitz, 1996), impacto que fluctúa entre el desgaste absoluto e irreversible de los suelos hasta la restauración parcial de ecosistemas degradados.

Según Lovejoy (1985) y Nepstad *et al.* (1991) los beneficios de la conversión del bosque tropical a pastura son temporales (± 5 años), debido principalmente a la rápida pérdida de nutrientes, compactación y erosión del suelo que resultan en la degradación de la pastura. Por lo tanto la pérdida de la fertilidad de los suelos es uno de los aspectos que ha llevado a que se aplique altas concentraciones de fertilizantes y agroquímicos que además de generar grandes problemas ambientales, incrementa los costos de producción. Así, la disminución del componente arbóreo en las zonas ganaderas ha traído como consecuencia una reducción en el reciclaje de nutrientes, así como una disminución del área de sombreado que conllevan a condiciones ambientales adversas para el comportamiento animal y la fertilidad de los suelos (Iriando, Alvarez, China y Barroto. 1998).

Para reducir este impacto negativo sobre los recursos naturales y el manejo tradicional de la ganadería los sistemas silvopastoriles se presentan como una alternativa que responde de alguna manera a los problemas ocasionados por la deforestación y la

degradación de los ecosistemas y a la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios (Giraldo, 1998) .

Según Lock, (2006) los árboles en sistemas silvopastoriles, cumplen funciones ecológicas de protección del suelo, disminuyen los efectos directos del sol, el agua y el viento. También pueden modificar las características físicas del suelo como su estructura (por la adición de hojarasca, raíces y tallos) e incrementan los valores de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de N, P y K (Crespo 2003 y Betancourt et al. 2005). Debido a que los árboles mantienen o mejoran los suelos a través de procesos que incluyen el aumento de las entradas (materia orgánica, fijación de nitrógeno del aire en el caso de leguminosas, absorción de nutrientes) y reducción de las pérdidas (materia orgánica y nutrientes a través del reciclaje y control de la erosión) (Young, 1989).

En tal sentido, la introducción de árboles leguminosos en los sistemas ganaderos que se basan en el monocultivo puede ser una alternativa adecuada, pues además de facilitar el incremento de la biomasa comestible para la producción animal por cantidad de área puede contribuir a mejorar la fertilidad del suelo y a la conservación y recuperación del ambiente (Sánchez *et al.*, 2003).

Los árboles fijadores de Nitrógeno incrementan el nivel de este elemento en el suelo debido a su capacidad de fijarlo de la atmósfera, a través de la simbiosis con bacterias en sus raíces, y por medio del aporte de materia orgánica a través de la caída periódica o estacional, natural o provocada (cosecha), de hojas, flores, frutos, ramas y raíces muertas. Además, sus raíces pueden absorber nutrientes de capas profundas del suelo y traerlos a la superficie, haciéndolos disponibles para la pastura o para el cultivo agrícola asociado. En algunos casos, pueden incrementar la disponibilidad de fósforo (simbiosis con micorrizas), calcio, potasio y magnesio (Russo y Botero. 1996).

Arteaga (2009) al evaluar algunas variables químicas en diferentes sistemas productivos y tiempos de uso en suelos del Altiplano de Nariño, encontró que el sistema barrera multiestrato y sistema acacia – aliso incrementaron los contenidos de materia orgánica, Carbono Orgánico, Nitrógeno total y valores similares de capacidad de intercambio

catiónico, azufre y bases intercambiables en comparación con los sistemas monocultivo de papa y pradera.

Solórzano y Escalante (1997), estudiando el efecto del Saman *Samanea saman* sobre la fertilidad del suelo en un pastizal de estrella *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst en Portuguesa Venezuela, encontró que el Nitrógeno total disminuyó significativamente a mayor distancia del árbol dentro de ambos tamaño I (>7 metros de altura) y II (<7 metros de altura), tendencia similar ocurrió con el fosforo y la materia orgánica, principalmente en árboles de tamaño I, pues dentro del tamaño II, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

De acuerdo a lo anterior el objetivo de este trabajo de Investigación fue evaluar algunas propiedades químicas del suelo como Nitrógeno Relación C/N, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, pH y Materia Orgánica, en los sistema silvopastoriles aliso *Alnus acuminata* en asocio con trébol *Trifolium repens* y aliso *Alnus acuminata* en asocio con pasto Aubade, *lolium multiflorum* a tres distancias con respecto al tronco del árbol.

METODOLOGIA

El presente trabajo se realizó en la Granja Experimental de la Universidad de Nariño, ubicada en la vereda Botana, municipio de Pasto localizado al occidente del Meridiano de Greenwich a 77° 18' 58'' longitud oeste y 1° 10' 11,4'' latitud Norte, a una altura de 2820 m.s.n.m, temperatura promedio de 12° C, precipitación media anual de 800 a 1000 mm, humedad relativa 70 a 80% con 900 horas sol promedio año (IDEAM, 2000).

El área de estudio tiene un área aproximada de 7160 m², presenta una topografía plana, la cual está dividida en dos parcelas con los sistemas silvopastoriles: aliso *Alnus acuminata* en asocio con trébol *Trifolium repens l.* en un área de 3870 m² y el sistema silvopastoril árboles dispersos de aliso *Alnus acuminata* en asocio con pasto aubade *lolium multiflorum* en 3290 m².

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial 2x3 con 6 tratamientos y tres repeticiones para un total de 18 unidades experimentales. El factor A corresponde a dos sistemas silvopastoriles (aliso *Alnus acuminata* en asocio con trébol *Trifolium repens l.* y el sistema silvopastoril arboles dispersos de aliso *Alnus acuminata*

en asocio con pasto aubade *lolium multiflorum* y el Factor B corresponde a tres distancias con respecto al árbol (50 cm, 100 cm y 150 cm).

Se evaluó pH (Potenciómetro), CIC, Fósforo (Fluoruro-Acido Diluidos - Bray y Kurtz No 2), Potasio, Calcio, Magnesio (espectrofotometría de absorción atómica) y Materia Orgánica (Walkley-Black –Colorimétrico) del suelo. Para las variables Nitrógeno y Relación Carbono/Nitrógeno se tuvo en cuenta las siguientes formulas:

$$\mathbf{N\text{-Total}} = 0.014497 + 0.044757 (\% \text{ M.O})$$

C/N

1. $\%C = 1.724 / \%MO$
2. $\% \text{Carbono} / \mathbf{N\text{-Total}}$

Las muestras de campo fueron tomadas con el barreno a una profundidad de 20 cm, durante los meses de Julio, Septiembre y Noviembre de 2009.

La fase de laboratorio se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Docencia de la Universidad de Nariño.

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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

pH. El análisis de varianza detecta diferencias estadísticas significativas para el factor distancia, sin encontrar efectos significativos en el factor sistemas silvopastoriles y en su interacción (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de varianza para la variable pH, teniendo en cuenta los factores sistemas silvopastoriles, distancias y su interacción, Granja de Botana, 2009.

F.V	G.L	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr > F
Modelo	7	1.37555556	0.19650794	10.05	0.0008
Bloque	2	1.08444444	0.54222222	27.73	<.0001
Sistemas silvopastoriles	1	0.00222222	0.00222222	0.11 ^{ns}	0.7430
Distancia	2	0.18111111	0.09055556	4.63 [*]	0.0377
Interacción	2	0.10777778	0.05388889	2.76 ^{ns}	0.1114
Error	10	0.19555556	0.01955556		
Total corregido	17	1.57111111			

*: Significativo al 5%

Ns: No significativo.

Según la prueba de comparación de medias de Tukey, los menores valores se presentaron a 50 y 100cm del árbol (5.08 y 5.26), diferenciándose estadísticamente de la distancia correspondiente a 150 cm (5.31) (Tabla 2).

Este comportamiento se debe a procesos de mineralización de la materia orgánica asociados a un radio de influencia ejercido por el árbol. Según Chien, IFDC, Gearhart and (2001), la descomposición de la materia orgánica en su proceso de nitrificación produce una liberación de iones H⁺ que generan acidez en el suelo. A demás, Díaz, Cairo, Morales, Rodríguez Y Abreu (2003), en el estudio de diferentes sistemas de manejo, encontraron que la materia orgánica tuvo un efecto significativo sobre el pH, con valores mayores para el sistema pasto natural (5.26) en comparación con el sistema silvopastoriles 10 años (5.98).

Tabla 2. Comparación de medias de Tukey, para la variable pH, teniendo en cuenta el factor distancia, en suelos de la Granja de Botana, 2009.

Promedio	DISTANCIA RESPECTO AL ARBOL (cm)
5.08 a	50
5.26 a b	100
5.31 b	150

Medias seguidas de letras distintas en la misma columna, son diferentes (Tukey, P<0,05).

MATERIA ORGANICA. El análisis de varianza detecta diferencias estadísticas altamente significativas para el factor sistemas silvopastoriles y diferencias estadísticas significativas para el factor distancia, mientras que la interacción sistema silvopastoril-distancia, no presentó efectos estadísticos significativos (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de varianza para materia orgánica, teniendo en cuenta los factores sistemas silvopastoriles, distancias y su interacción, Granja Botana, 2009.

F.V	G.L	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr > F
Modelo	7	83.86273889	11.98039127	26.03	<.0001
Bloque	2	62.85071111	31.42535556	68.27	<.0001
Sistema silvopastoril	1	17.26760556	17.26760556	37.51**	0.0001
Distancia	2	3.36987778	1.68493889	3.66*	0.0441
Interacción	2	0.37454444	1.68493889	0.41 ^{ns}	0.6763
Error	10	4.60328889	0.46032889		
Total corregido	17	88.46602778			

** : Altamente Significativo al 1%

* : Significativo al 5%

ns: No significativo

La prueba de comparación de medias indica que el sistema silvopastoril aliso *Alnus acuminata* asociado con pasto aubade *Lolium multiflorum* presenta diferencias estadísticas significativas frente al sistema silvopastoril aliso *Alnus acuminata* asociado con trébol *Trifolium repens*, con valores promedio de 7.26 y 5.30 respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4. Comparación de medias de Tukey, en el factor sistema silvopastoril en la variable materia orgánica. Granja Botana, 2009.

Promedio	Sistema Silvopastoril
7.26 a	Aliso <i>Alnus acuminata</i> asociado con Pasto Aubade <i>Lolium multiflorum l</i>
5.30 b	Aliso <i>Alnus acuminata</i> asociado con trébol <i>Trifolium repens</i>

Medias seguidas de letras distintas en la misma columna, son diferentes (Tukey, P<0,05).

El anterior comportamiento se debe a que la tasa de descomposición en las gramíneas es más lenta que el de leguminosas. De acuerdo a este planteamiento, Crespo et al. (2001), en estudios realizados en ecosistemas de pastizales Cubanos encontraron que las tasas de descomposición de hojarasca muestra marcadas diferencias entre las especies; como resultado, a los 246 días de análisis los residuos de leguminosas como *Leucaena* desaparecieron por completo, mientras que en tiempo similar las gramíneas *Brachiaria decumbens*, *Cynodon nlemfuensis* y *Panicum maximum* permanecía más del 80% del peso inicial.

De las Salas (1987) y Aerts (1996), agregan que el grado de descomposición de la hojarasca está relacionada con la especie así como del tipo funcional al que pertenezca debido a las variaciones en su fórmula química y estructura, afirmando que hojas anchas mineralizan más rápido que las aciculares; y esto se debe en gran parte a su mayor contenido de Nitrógeno, Fósforo y bases. Por otra parte, las especies que tienen la capacidad de fijar nitrógeno tendrán mayor contenido de éste elemento en sus hojas en relación a aquellas que no lo hacen, y es de esperarse que en la leguminosa por el mayor contenido de nitrógeno, promueva una mayor actividad biológica para su descomposición.

Según la prueba de comparación de medias de Tukey para distancias respecto al árbol, (Tabla 5), los mayores promedios se encuentran a 50 y 100 cm con valores de 6.84 y 6.21 respectivamente por influencia directa de *Alnus acuminata*. Se presentó un menor efecto a 150 cm con un valor promedio de 5.79. Estos resultados coinciden con los

planteamientos de Bellot y Escarre (1987), quién estableció que cada árbol tiene un patrón circular de influencia sobre las propiedades del suelo, con su máxima influencia debajo de las copas como la área de recepción de hojarasca, encontrando que a medida que la distancia es mayor con respecto al árbol la cantidad de biomasa acumulada se reduce.

Tabla 5. Comparación de medias de Tukey, para la variable materia orgánica en el factor distancia, Granja Botana, 2009.

Promedio	DISTANCIA RESPECTO AL ARBOL (cm)
6.84 a	50cm
6.21 a b	100cm
5.79 b	150cm

Medias seguidas de letras distintas en la misma columna, son diferentes (Tukey, P<0,05).

RELACION C/N. El análisis de varianza detecta diferencias estadísticas altamente significativas para el factor sistemas silvopastoriles, mientras que para el factor distancia y la interacción no se encontró diferencias estadísticas significativas (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de varianza para la relación C/N, teniendo en cuenta los factores sistemas silvopastoriles, distancias y su interacción, Granja Botana, 2009.

F.V	G.L	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr > F
Modelo	7	12.03836572	1.71976653	9.69	0.0009
Bloque	2	9.37518011	4.68759006	26.43	0.0068
Sistema silvopastoril	1	2.04626450	2.04626450	11.54**	0.0068
Distancia	2	0.48878411	0.24439206	1.38 ^{ns}	0.2962
Interacción	2	0.12813700	0.06406850	0.36 ^{ns}	0.7056
Error	10	1.77391656	0.17739166		
Total corregido	17	13.81228228			

** : Altamente Significativo al 1%

* : Significativo al 5%

ns : No significativo.

La prueba de comparación de medias de Tukey, encontró diferencias estadísticas entre los sistemas silvopastoriles aliso *Alnus acuminata* asociado con pasto aubade *lolium multiflorum* y aliso *Alnus acuminata* asociado con trébol *Trifolium repens* con valores de 13.91 y 13.24 respectivamente (Tabla 6). Este comportamiento se debe a que las gramíneas en el proceso de maduración de sus tejidos, provoca una reducción de proteínas y aumento de lignina, lo cual genera un aumento de la relación C/N, la cual tiene mucha influencia en la velocidad de descomposición del material vegetal. A diferencia de las leguminosas que por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, la relación C/N es menor.

Además la relación C/N es una variable que afecta la descomposición de la materia orgánica, siendo este proceso más rápido en leguminosas que en gramíneas; lo cual se debe a que existe una mayor disponibilidad de Nitrógeno para las bacterias que realizan este proceso, generando un aumento en su población.

Tabla 6. Comparación de medias de Tukey, para la relación C/N en el factor sistema silvopastoril, Granja Botana, 2009.

Promedio	Sistema Silvopastoril
13.91 a	Aliso (<i>Alnus acuminata</i>) asociado con Pasto Aubade (<i>Lolium multiflorum</i> l).
13.24 b	Aliso (<i>Alnus acuminata</i>) asociado con trébol (<i>Trifolium repens</i>).

Medias seguidas de letras distintas en la misma columna, son diferentes (Tukey, P<0,05).

En estudios realizados por Salamanca, Bonilla y Sánchez (2002), en la evaluación de seis abonos verdes encontraron que a los 90 días de incorporados al suelo el proceso de descomposición fue más lento en *Cynodon niemfuensis* y *Zea mays* con 14 % y 20% respectivamente comparado con las leguminosas *Cajanus cajan* arbóreo, *Cajanus cajan* arbustivo y *Cynodon ensiformis* con 66%, 74% y 59% respectivamente. Por lo tanto la tasa de descomposición se relaciona inversamente con la cantidad de lignina y la relación C/N de los residuos (Parr y Padendick, 1978).

Igualmente Kladvico (1994) encontraron que los residuos de gramíneas son mejores como estabilizadores del suelo que los de leguminosas, debido a que los residuos de maíz tardan más tiempo en descomponerse y que producen más humus que los de soya.

NITROGENO. El análisis de varianza detecta diferencias estadísticas altamente significativas para el factor sistemas silvopastoriles, diferencias significativas para el factor distancia y no se encontraron efectos significativos para su interacción (Tabla 7).

Tabla 7. Análisis de varianza para la variable Nitrógeno, teniendo en cuenta sistemas silvopastoriles, distancias y su interacción, Granja Botana, 2009.

F.V	G.L	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr > F
Modelo	7	0.11618889	0.01659841	31.58	<.0001
Bloque	2	0.08841111	0.04420556	84.11	<.0001
Sistema silvopastoril	1	0.02275556	0.02275556	43.30 ^{**}	<.0001
Distancia	2	0.00447778	0.00223889	4.26 [*]	0.0459
Interacción	2	0.00054444	0.00027222	0.52 ^{ns}	0.6109
Error	10	0.00525556	0.00052556		
Total corregido	17	0.12144444			

** : Altamente Significativo al 1%

* : Significativo al 5%

ns : No significativo

La prueba de comparación de medias de Tukey, presentó diferencias estadísticas entre los sistemas silvopastoriles aliso *Alnus acuminata* asociado con pasto aubade *lolium multiflorum* y aliso *Alnus acuminata* asociado con trébol *Trifolium repens* con valores promedios de 0.30 y 0.22 respectivamente (Tabla 8). Esta situación se debe a la inmovilización de este elemento por parte de los microorganismos del suelo cuando absorben Nitrógeno mineral y lo transforman en el Nitrógeno constituyente de sus células y tejidos. Este planteamiento coincide con resultados de Thompson (1988), encontrando que residuos de maíz y sorgo gran parte del NH_4^+ producido es inmovilizado por los microorganismos, que reducen la disponibilidad de nitrógeno para el crecimiento vegetal.

Tabla 8. Comparación de medias de Tukey, para la variable Nitrógeno en el sistema silvopastoril, Granja Botana, 2009.

Promedio	Sistema Silvopastoril
0.30 a	Aliso <i>Alnus acuminata</i> asociado con Pasto Aubade <i>Lolium multiflorum l</i>
0.22 b	Aliso <i>Alnus acuminata</i> asociado con trébol <i>Trifolium repens</i>

Medias con letras distintas en la misma columna, son diferentes (Tukey, P<0,05).

Además se presenta una menor cantidad de nitrógeno en las leguminosas debido a que la mineralización de la materia orgánica es más rápida, lo que genera altas producciones de nitrógeno-amonio, que al acumularse más rápido de lo que las plantas lo aprovechan las bacterias del suelo lo transforman en nitrógeno nitrato que Según Harrison y Hieronimi (2001), el nitrato es muy soluble al agua, de esta forma se pierde con la lluvia.

La prueba de comparación de medias de Tukey para distancias, reporta mayores promedios de nitrógeno para las distancias 50cm y 100 cm con 0.28 y 0.26 respectivamente, en contraste con 0.24 para 150cm (Tabla 9).

Tabla 9. Comparación de medias de Tukey, para la variable Nitrógeno, teniendo en cuenta el factor distancia, Granja Botana, 2009.

Promedio	DISTANCIA RESPECTO AL ARBOL (cm)
0.28 a	50cm
0.26 a b	100cm
0.24 b	150cm

Medias seguidas de letras distintas en la misma columna, son diferentes (Tukey, P<0,05).

Los resultados concuerdan con lo reportado por Burton et al, 1959; Zinke, 1962; Belsky, 1992, 1994, en el sentido general, de que los árboles mejoran la fertilidad del suelo, y específicamente sobre el contenido de nitrógeno. Aliso *Alnus acuminata* es un árbol fijador de nitrógeno atmosférico, donde sus raíces presentan simbiosis con

bacterias del genero *Rhizobium*, que a través del aporte de materia orgánica al suelo por la caída periódica y natural o provocada, de hojas, flores, frutos, ramas y raíces muertas, incrementan la disponibilidad de este elemento en el suelo, siendo mayor sobre el área de influencia de *Alnus acuminata*. Giraldo (1996) argumenta que la mayoría de estudios realizados en zonas tropicales, han demostrado que los árboles y arbustos leguminosas tienen la capacidad de fijar una alta cantidad de Nitrógeno hasta 150 kg/ha.

CIC. El análisis de varianza detecta diferencias estadísticas altamente significativas para el factor sistemas silvopastoriles. No se presentaron efectos significativos para el factor distancia y la interacción (Tabla 10).

Tabla 10. Análisis de varianza para la variable CIC, en los factores sistemas silvopastoriles, distancias y su interacción, Granja Botana, 2009.

F.V	G.L	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr > F
Modelo	7	258.7646833	36.9663833	9.93	0.0008
Bloque	2	150.6225000	75.3112500	20.22	0.0003
Sistema silvopastoril	1	90.9900500	90.9900500	24.43 ^{**}	0.0006
Distancia	2	11.6117333	5.8058667	1.56 ^{ns}	0.2574
Interacción	2	5.5404000	2.7702000	0.74 ^{ns}	0.4998
Error	10	37.2405667	3.7240567		
Total corregido	17	296.0052500			

**^{*}: Altamente Significativo al 1%

ns: No significativo

De acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey, existen diferencias estadísticas entre los sistemas silvopastoriles aliso *Alnus acuminata* asociado con pasto aubade *Lolium multiflorum* y aliso *Alnus acuminata* asociado con trébol *Trifolium repens* con valores promedios de 28.57 y 24.08 respectivamente (Tabla 11). Esta situación se debe a que la materia orgánica contribuye de manera significativa a la CIC, debido a sus cargas negativas que confieren una alta capacidad de adsorción físico química de cationes que se incrementa durante el proceso de humificación (Stevenson, 1982, Estrada *et al.*, 1987 y Harada *et al.* (1981).

Tabla 11. Comparación de medias de Tukey, para la variable CIC en el factor sistema silvopastoril, Granja Botana, 2009.

Promedio	Sistema Silvopastoril
28.57 a	Aliso <i>Alnus acuminata</i> asociado con Pasto Aubade <i>Lolium multiflorum l.</i>
24.08 b	Aliso <i>Alnus acuminata</i> asociado con Trébol <i>Trifolium repens</i>

Medias seguidas de letras distintas en la misma columna, son diferentes (Tukey, P<0,05).

Yuan et al, (1967) estudiando la contribución de la fracción orgánica y mineral en la CIC de 85 suelos clasificados, encontró que existe una correlación significativa entre el contenido de materia orgánica y CIC, con valor promedio de 0.897.

Zamora et al, (2006), encontró, que bajo un sistema de manejo convencional de melón *Cucumis melo L*, la reducción en los contenidos de materia orgánica, disminuyó la CIC con valores de 11.76 cmol/kg; a diferencia del sistema manejado con abonos orgánicos donde los valores fueron mayores con 16.89 cmol/kg, demostrando el efecto de la materia orgánicas en las propiedades del suelo.

CALCIO. El análisis de varianza, encontró diferencias estadísticas altamente significativas para el factor sistemas silvopastoriles. No se presentó efectos estadísticos para el factor distancia y la interacción sistema silvopastoril-distancia (Tabla 12).

Tabla 12. Análisis de varianza para la variable calcio, en los factores sistemas silvopastoriles, distancias y su interacción, Granja Botana, 2009.

F.V	G.L	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr > F
Modelo	7	2.18483333	0.31211905	3.49	0.0366
Bloque	2	0.02703333	0.01351667	0.15	0.8617
SSP	1	1.85602222	1.85602222	20.74 ^{**}	0.0011
Distancia	2	0.09720000	0.04860000	0.54 ^{ns}	0.5971
Interacción	2	0.20457778	0.10228889	1.14 ^{ns}	0.3572
Error	10	0.89476667	0.08947667		
Total corregido	17	3.07960000			

** : Altamente Significativo al 1%

ns: No significativo

Según la prueba de comparación de medias de Tukey, existen diferencias estadísticas entre los sistemas silvopastoriles aliso *Alnus acuminata* asociado con trébol *Trifolium repens* y aliso *Alnus acuminata* asociado con pasto aubade *Lolium multiflorum* con valores promedios de 7.57 y 6.92 respectivamente (Tabla 13). Este comportamiento está relacionado con el mayor contenido de materia orgánica, que por su carga netamente negativa y el calcio de carga positiva está ligado electrostáticamente a la materia orgánica del suelo (Méndez y Soto 2003). Contribuyendo de esta manera a una mayor capacidad de intercambio cationico y una mayor disponibilidad de bases.

Arteaga (2009), en la evaluación de algunas variables químicas en diferentes sistemas productivos del altiplano de Nariño, encontró un efecto significativo de la materia orgánica sobre el contenido de calcio en el suelo, siendo mayor para el sistema bosque (20.80), en comparación con el sistema pradera de pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* (10.73).

Zamora, 2006, en su investigación sobre sistemas de manejo de melón en Venezuela, indica que la CIC es una variable que regula la cantidad de calcio en el suelo, encontrando valores de 2.17 en el sistema bosque secundario y 0.43 para manejo convencional de melón.

Tabla 13. Comparación de medias de Tukey, para la variable Calcio en el factor sistema silvopastoril, Granja Botana, 2009.

Promedio	Sistema Silvopastoril
7.57 a	Aliso <i>Alnus acuminata</i> asociado con Pasto Aubade <i>Lolium multiflorum</i> l
6.92 b	Aliso <i>Alnus acuminata</i> asociado con trébol <i>Trifolium repens</i>

Medias seguidas de letras distintas en la misma columna, son diferentes (Tukey, P<0,05).

CONCLUSIONES.

- Los mayores valores de nitrógeno, materia orgánica, relación C/N, CIC y calcio se presentaron en el sistema silvopastrial Aliso *Alnus acuminata* asociado con Pasto Aubade *Lolium multiflorum l*, diferenciados estadísticamente del sistema Aliso *Alnus acuminata* asociado con trébol *Trifolium repens*.
- El factor distancia presentó mayores valores cerca a *Alnus acuminata* para las variables nitrógeno y materia orgánica, diferenciándose estadísticamente de la variable pH, que presentó una tendencia contraria.

AGRADECIMIENTOS

A Jorge Vélez Lozano, docente Tiempo Completo, Ingeniería Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas, UDENAR, presidente de tesis por su colaboración y apoyo en el proceso de la investigación y a todas las personas que de una u otra forma hicieron parte para la realización de esta investigación.

BIBLIOGRAFIAS

Aerts, R.1996. Nutrient resorption from senescing leaves of perennials. Are there general patterns *Journal of Ecology*. 84:597-608.

Agenda Interna para la Productividad y la Competitividad. 2007. Documento regional, Nariño. Departamento Nacional de Planeación. Bogotá. 58p.

Arteaga, J. 2009. Evaluación de algunas variables químicas en diferentes sistemas productivos y tiempos de uso en suelos del Antiplano de Nariño, municipio de Pasto. Tesis de grado Ingeniería agroforestal, Facultad de ciencias agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. 24 p.

Bellot, J y A. Escarre. 1987. *Influence of Throughfall and Stemflow on Rain Water Distribution in an Evergreen Oak Soil.*; Medecos V, Montpellier, France.

Belsky, A.J. 1992. Effects of trees on nutritional quality of understorey grassmineous forage in tropical savannas. *Tropical Grassland* 26: 12-20.

_____. 1994, Influence of trees on savanna productivity: tests of shade, nutrients, and tree- Grass competition. *Ecology* 75 (4): 922-932.

Betancourt, P., González, J., Figueroa, B. y González, F. 2005. Organic Matter and soil characterization during restoration processes with cover crop on temperate areas of México. Disponible en: <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/art139148.pdf>. Fecha de consulta: 1/4/05.

Burton, G. W. J.E. Jackson y F.E. Knox. 1959. The influence of light reduction upon the production, persistence and chemical composition of coastal bermuda grass (*Cynodon dactylon*). *Agronomy Journal* 51(9): 537-542.

Crespo, G. Ortiz, J. Pérez, A.A. y Fraga, S. 2001. Tasas de acumulación, descomposición y NPK liberados por la hojarasca de leguminosas perennes. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 35:39.

Giraldo, L. 1996. Evaluación del potencial multipropósito en dos especies de Acacia para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en clima frío. P. 9-12. En: Memoria V. Congreso Colombiano de Ciencias Pecuarias.

_____.1998. Potencial de la arbórea guácimo (*Guazuma ulmifolia*) como componente forrajero en sistemas silvopastoriles. Conferencia electrónica FAO-CIPAV sobre "Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica". (En línea). <http://www.virtualcentre.org/es/conferencia1/Girald13.htm>

INSTITUTO DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Reporte técnico estación meteorológica Botana, Pasto, Nariño: IDEAM, 2000. p. 1.

Iriondo, E., E. Alvarez, A. China y D. Barroto. 1998. Experiencias campesinas sobre utilización de árboles y arbustos en huertos caseros. III Taller Internacional Silvopastoril "Los Árboles y Arbustos en la Ganadería". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas. Cuba. pp. 258-265..

Kaimowitz, D. 1996. Livestock and deforestation. Central America in the 1980s and 1990s: A Policy Perspective. CIFOR, Jakarta, Indonesia. 88 p.

Lovejoy, TE. 1985. Rehabilitation of degraded tropical forest lands. *Environmentalist* 5:1-8.

Méndez G y Soto G. 2003. Taller de abonos orgánicos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Costa Rica.

Nepstad, D y Serrao, AS. 1990. Surmounting barriers to forest regeneration in abandoned, highly degraded pastures: a case study from Paragominas, Para, Brazil. *In* Anderson, AA. ed. Alternatives to deforestation: Steps towards sustainable use of the Amazon rain forest. Nueva York, US, Columbia University Press. p. 215-229.

Parr, J.F. y Papendick, R.I. 1978. Factors affecting the decomposition of crop residues by microorganisms. *In*: Oschwald, W.R (ed). Crop Residues Management System. Madison. American Society of Agronomy, pp 101- 129.

Russo, R.O. y R. Botero. 1996. Nitrogen fixing trees for animal production on acid soils. *In*: Powell, M.H. (ed.). Nitrogen fixing trees for acid soils: a field manual. Nitrogen Fixing Tree Association (NFTA). Morrilton, Arkansas. pp 31-39.

Salamanca, Bonilla y Sánchez. 2002. Evaluación de seis abonos verdes en un *vertisol ústico* en condiciones del Valle del Cauca. *Acta agronómica*.

Salas, de las G. 1987. Suelos y ecosistemas forestales con énfasis en América Tropical. Edit. IICA. San José, Costa Rica. 447 p.

Sánchez S., M. Hernández y L. Simón 2003. Efecto del sistema silvopastoril en la fertilidad edáfica en unidades lecheras de la empresa Nazareno. *Pastos y Forrajes*, 26: 131-138.

Solórzano y Escalante 1997. Efecto del Saman *Samanea saman* sobre la fertilidad del suelo en un pastizal de estrella *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst en Portuguesa Venezuela.

Young, A. 1989. Agroforestry for soil conservation. C.A.B. International, Wallingford. ICRAF. 276p.

Zamora, D. 2006. Cambios en algunas propiedades químicas del suelo según el uso de la tierra en el sector el Cebollal, estado Falcón, Venezuela. Revista Bioagro. 18(2):123-128.

Zinke, P.J. 1962. The pattern of influence of individual forest tree on soil properties. Ecology 43: 130-133.