

## EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE HOJARASCA DE ESPECIES ARBÓREAS SOBRE EL CO<sub>2</sub>, pH Y FÓSFORO EN UN SUELO VITRIC HAPLUSTAND

### EFFECT OF TREE TRASH INCORPORATION FROM DIFFERENT ARBOREAL SPECIES ON CO<sub>2</sub>, pH AND PHOSPHORUS IN A VITRIC HAPLUSTAND SOIL

Yuri Morán<sup>1</sup>, Maritza Portillo<sup>1</sup>, Hernán Burbano O.<sup>2</sup>, Jorge Vélez L.<sup>3</sup>; Hugo Ruiz E.<sup>4</sup> Jorge Navia E.<sup>5</sup>.

Fecha de recepción: 12 de marzo de 2012

Fecha de aceptación: 28 de junio de 2012

#### RESUMEN

La presente investigación se realizó utilizando material vegetal de las plantaciones establecidas en la Granja experimental de Fedepapa, situada en el corregimiento de Obonuco, municipio de Pasto (Colombia). Se evaluó, en condiciones de laboratorio, el efecto de la incorporación de hojarasca de cuatro especies arbóreas sobre los niveles de CO<sub>2</sub>, pH y P disponible en un Vitric Haplustand. Las muestras de suelo y la producción de hojarasca se recogió de los sistemas silvopastoriles de *Acacia decurrens*, *Alnus acuminata*, *Eucalyptus globulus* y *Tecoma stans* asociados con pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum*, el material se secó en el horno y el suelo al aire libre por un lapso de tres días. El análisis de resultados se hizo mediante un diseño de bloques completos al azar con parcelas divididas, con cuatro tratamientos en los que se incorporó hojarasca (acacia, aliso, eucalipto, quillotocto) y un testigo sin aplicación, con dos niveles de hojarasca (2 t.ha<sup>-1</sup> y 4 t.ha<sup>-1</sup>) y cuatro repeticiones. El ensayo se condujo por espacio de 16 semanas con el suelo incubado a capacidad de campo. Respecto al CO<sub>2</sub> y al P, se encontraron diferencias altamente significativas para los tratamientos, significativas para los niveles y altamente significativas para la

<sup>1</sup> Ingenieras Agroforestales. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. mari\_portillo1203@hotmail.com

<sup>2</sup> Profesor Jubilado I.A. M.Sc.. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. hernan.burbano@googlemail.com

<sup>3</sup> Profesor Asistente. I. AF. M.Sc.. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. jvelezlozano@gmail.com

<sup>4</sup> Profesor Asociado I. A. Ph.D.. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. hugoruize@yahoo.com

<sup>5</sup> Profesor Asociado I. A., Ph.D. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. jornavia@yahoo.com

interacción; la aplicación al suelo de hojarasca de *Tecoma stans* produjo los mayores cambios en la concentración de P disponible con 41,99 mg.kg<sup>-1</sup> y pH con 6,6. Los mayores valores de CO<sub>2</sub> se obtuvieron con la aplicación de aliso que presentó una relación C:N de 20,5.

**Palabras clave:** Materia orgánica, mineralización, respiración del suelo

## ABSTRACT

This research was carried out using plant material from established arboreal plantations in the FEDEPAPA experimental farm, located in Obonuco, municipality of Pasto, a dry forest low montano zone life and a Vitric Haplustand soil. The effect of incorporation of tree trashes of four species on CO<sub>2</sub> content levels, pH and P availability was evaluated under laboratory conditions. Soil samples were collected from areas with grass cover and plant material from silvo pastoral systems of acacia (*Acacia decurrens*), aliso (*Alnus acuminata*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*) and quillotocto (*Tecoma stans*) all of them associated with kikuyo grass (*Pennisetum clandestinum*) and brought to the laboratory; the material was dried both in oven and outdoors during three days. For the study it was used a split plot arrangement in a completely randomized block design with four blocks, where the treatments were 4 with trash from the four tree species and one without trash and two levels of trash, 2 t.ha<sup>-1</sup> and 1 t.ha<sup>-1</sup>. The experiment was conducted for 16 weeks, with soil maintained at field capacity. According to results highly significant differences for treatments respect to content of CO<sub>2</sub> and P; significant for levels of tree trash and highly significant for the interaction species x levels; the use of quillotocto trash caused the highest change of the P available concentration (41,99 mg/kg) and of pH(6,6). The highest values of CO<sub>2</sub> were obtained with aliso, that showed a C:N ratio of 20,5.

**Key words:** Organic matter, mineralization, soil respiration

## INTRODUCCIÓN

La descomposición de la materia orgánica es vital para el mantenimiento de la vida, ya que es el único proceso que permite el reciclaje masivo de elementos químicos en el ecosistema posibilitando su renovación. Por ello, la respiración heterotrófica contribuye a la descomposición y a otros procesos como la humificación y la fragmentación del detritus, de lo cual es responsable la macro y meso fauna. De esta manera el ciclaje de nutrientes permite a largo plazo la sostenibilidad de los ecosiste-

mas. La tasa de descomposición de la materia orgánica está regulada por diversos factores, que comprenden: la calidad del recurso (física y química), la comunidad descomponedora (organismos), así como los factores edáficos (Gelvez, 2008).

Los suelos del altiplano de Pasto dedicados a actividades agropecuarias vienen perdiendo la capa arable y con ello la materia orgánica de una manera acelerada, por tanto, es importante la adición de residuos vegetales para compensar, la pérdida de materia orgánica (García, 1990).

Este factor está contribuyendo a cambios drásticos en el pH, los contenidos de Ca, Mg, materia orgánica, porosidad y profundidad efectiva de los suelos (García, 1990). La importancia del uso de las especies arbóreas radica en que estas presentan diferentes usos como madera, tienen influencias micro climáticas, contribuyen al mejoramiento del suelo, proporcionan productos y servicios adicionales como fijación de nitrógeno atmosférico, mantienen la estructura y la fertilidad del suelo a través del aporte de materia orgánica, promueven una mayor actividad biológica y proveen hábitat para una mayor biodiversidad (Palma y Flores, 1997).

El aporte de hojarasca producido por las especies arbóreas que se encuentran establecidas en esta zona puede mejorar los atributos físicos, químicos y biológicos de los suelos, los árboles de estas especies no se están incluyendo en los sistemas de producción agrícolas y pecuarios, perdiendo la oportunidad de obtener beneficios económicos y ambientales (Palma y Flores, 1997).

La utilización continua e inadecuada del suelo a través de una agricultura convencional con una temprana y excesiva preparación del suelo, en condiciones de monocultivo, genera un acelerado proceso de degradación física, química y biológica de los suelos, por lo que se hace necesaria la utilización de especies arbóreas para la incorporación de hojarasca al suelo, buscando, con el tiempo, un efecto positivo de la materia orgánica sobre las características del suelo (García, 1990).

En la región Andina del departamento de Nariño existen plantaciones de especies arbóreas, pero se observa un desconocimiento acerca de la importancia que tiene la hojarasca al ser incorporada al suelo, siendo que ésta hace las veces de material de partida para formación de la materia orgánica del suelo, que

mejora su estructura y es fuente de nutrientes (Muschler, 1999)

Los sustratos orgánicos por acción de los microorganismos influyen directamente en la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre, claves para mantener y mejorar la fertilidad y productividad del suelo (Burbano, 2002). La respiración del suelo es una medida de la actividad de los microorganismos, e indicativo de la velocidad de degradación de los materiales que llegan al suelo; además, la medición del CO<sub>2</sub> se considera una medida de respiración del suelo (Burbano, 1989; Quemada y Menacho, 1999; Siquiera, *et al.*, 1994).

Este trabajo buscó cuantificar en una primera aproximación los efectos que tiene sobre el suelo la aplicación de hojarasca de algunas especies forestales propias de la zona. Se tomaron como referentes tres variables a evaluar: CO<sub>2</sub>, pH, P y la relación C:N, con la intención de tener algunos criterios para orientar prácticas que permitan disminuir la degradación del suelo en la zona de estudio, con el uso de este tipo de prácticas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó utilizando material de plantaciones establecidas en la Granja de Fedepapa, situada en el corregimiento de Obonuco, municipio de Pasto; con longitud de 76°16' oeste y latitud de 1°13' norte, a una altura promedio de 2710 msnm, con una precipitación pluvial anual aproximada de 840mm, una temperatura de 12 a 13°C y una clasificación climática que corresponde a Bspm (bosque seco-premontano) (Navia, 2006).

El suelo utilizado en la investigación fue un Vitric Haplustand, profundo, bien drenado, de textura franco limoso y se ha desarrollado a partir de cenizas volcánicas (IGAC, 2004). El

material vegetal se tomó de las cuatro especies arbóreas (*Acacia decurrens*, *Aliso Alnus acuminata*, *Eucalipto Eucalyptus globulus* y *Quillotocto Tecoma stans*); las cuales se encuentran en un sistema silvopastoril banco de proteína implementado en el año de 1997; se recolectó en bolsas plásticas y se llevó a laboratorio. Estas se secaron en un horno, a una temperatura de 75°C por un lapso de 72 horas; una vez el material estuvo seco se procedió a molerlo.

El suelo se secó al aire libre por 72 horas y luego se pasó por un tamiz de 2mm. Se utilizaron 108 tubos de ensayo, las muestras de suelo se llevaron a capacidad de campo para aplicar los cinco tratamientos, con dos niveles de hojarasca y cuatro repeticiones. En cada tubo de ensayo se colocaron 10g de suelo y se incorporó 0,1g (2 t.ha<sup>-1</sup>) y 0,2g (4 t.ha<sup>-1</sup>) respectivamente de hojarasca molida y tamizada en una malla de 2mm.

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con parcelas divididas 4x2+1 con cuatro repeticiones; factor A, tipos de hojarasca **T0**. Suelo sin incorporación **T1**. Aplicación de *Acacia* **T2**. Aplicación de *Aliso*, **T3**. Aplicación de *Eucalipto*, **T4**. Aplicación de *Quillotocto* y factor B, dosis 2 t.ha<sup>-1</sup> (0,1g) y

4 t.ha<sup>-1</sup> (0,2g), y un testigo sin aplicación. La asignación de tratamientos a unidades experimentales, se llevó a cabo, independientemente en cada bloque de manera aleatoria.

Para los niveles de CO<sub>2</sub>, la medición se hizo utilizando el método sistema atmosférico cerrado (Burbano, 1978), y se hicieron lecturas cada semana. Para la medición del P aprovechable (Bray y Kurtz No. 2) se utilizó el espectrofotómetro y para medir el pH el potenciómetro (Jackson, 1982) y se realizaron determinaciones cada mes.

El análisis estadístico se realizó mediante análisis de varianza y para aquellos factores que presentaron diferencias estadísticas se aplicó el test de Tukey (5%), se hizo uso del paquete estadístico Infostat/Profesional Version 1.1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza presentó diferencias altamente significativas para tratamientos, no se encontraron diferencias para niveles. Sin embargo, hubo diferencias estadísticas para la interacción ( $p < 0.01$ ) (Tab.1).

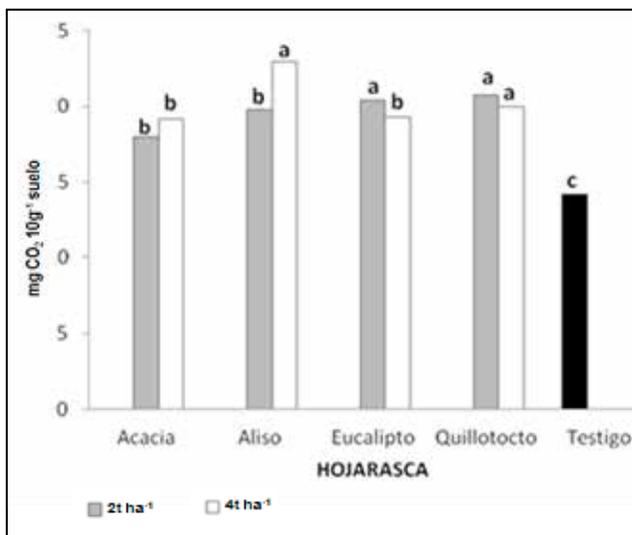
**Tabla 1.** Análisis de varianza para el CO<sub>2</sub> por efecto de la aplicación hojarasca en dos niveles, en un suelo Vitric Haplustand 2010-2011.

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr>F
Modelo	83	5106,277	61,5214	8,36**	0,0001
Repetición	15	3512,445	234,163	31,82**	0,0001
Parcela	3	132,315	44,105	5,99**	0,0012
Repetición*parcela	60	494,220	8,237	1,12	0,3318
Subparcela	1	13,032	13,032	1,77 <sup>ns</sup>	0,1883
Parcela*Subparcela	3	93,389	31,129	4,23**	0,0089
Error	60	441,485	7,358		
Total	143	5,547,762			

\*\* : Diferencias altamente significativas Ns: no significativo

La prueba de comparación de medias de Tukey (Fig.1) indica que los tratamientos aliso 4 t.ha<sup>-1</sup>, quillotocto-2 t.ha<sup>-1</sup> y 4 t.ha<sup>-1</sup>, eucalipto-2 t.ha<sup>-1</sup>, no presentaron diferencias estadísticas significativas entre ellos, pero sí con los tratamientos aliso 2 t. ha<sup>-1</sup>, eucalipto 4 t.ha<sup>-1</sup>, acacia 2t.ha<sup>-1</sup> y 4t.ha<sup>-1</sup>; sin embargo todos difirieron estadísticamente d el testigo con 14,18 mg CO<sub>2</sub> 10g<sup>-1</sup> suelo en el cual no se aplicó material vegetal.

Estos resultados indican que hay un efecto positivo de la incorporación de los residuos de estas especies arbóreas, frente a condiciones de no incorporación de materiales orgánicos. Se cree que hay este efecto, porque la hojarasca ofrece a los microorganismos heterótrofos del suelo, durante estas primeras etapas de descomposición, compuestos carbonáceos fáciles de degradar, como los carbohidratos que son fuentes energéticas que permiten una mayor actividad de la microflora edáfica, reflejada en una mayor producción de CO<sub>2</sub>, como lo reportan Burbano, *et al.* (1988), para suelos del volcán Galeras.



**Figura 1.** Prueba de comparación de medias de Tukey para tipos de hojarasca, en un suelo Vitric Haplustand 2010-2011.

Como la relación C:N tiene que ver con la mayor o menor facilidad de descomposición de los residuos vegetales, conviene destacar que en este caso la aplicación del Aliso que tiene la relación más baja 20,5: 1 hizo que en el suelo ocurriera la mayor producción de CO<sub>2</sub> con relación a las otras especies, corroborando la teoría sobre este aspecto (Duran y Peña, 1997).

La descomposición de residuos vegetales no solo es transformación de C (pérdida de formas orgánicas y ganancia de CO<sub>2</sub>), por lo que, a través de la respiración, el C queda fuera del sistema suelo (Gómez y Sánchez, 2000). Este proceso está mediado por una intensa actividad microbiana en la capa superior del suelo en donde se depositan las hojas caídas de los árboles y además está formada por mantillo, el cual lo producen algunos organismos vivos que habitan en el suelo. Estos microorganismos heterotróficos coexisten y actúan en conjunto o paulatinamente sobre las biomoléculas de los materiales orgánicos, dando lugar a sucesiones ecológicas que llevan a que unas poblaciones microbianas predominen sobre otras en un momento dado, según la composición del material, las condiciones ambientales y su capacidad enzimática (Reicosky, 2007). Al respecto, Parker (1983) afirma que los cambios en la tasa de respiración del suelo pueden correlacionarse con la sucesión de la microflora del mismo, porque la sucesión vegetal es un cambio natural que ocurre al interior de las comunidades vegetales con el paso del tiempo, ya sea en estructura (vertical y horizontal), composición florística y biodiversidad.

La respiración del suelo, se da principalmente, porque en él habitan microorganismos que para cumplir con sus procesos metabólicos realizan la función respiratoria. Por descomposición básicamente por acción microbiana, se produce CO<sub>2</sub>, y la planta absorbe cationes

Ca, Mg y K, y para mantener el equilibrio libera  $H^+$  por la raíz, lo cual contribuye a incrementar la acidez del suelo (Zapata y Osorio 2010).

De acuerdo con la Fig.1, la especie Aliso con  $4t.ha^{-1}$  al ser incorporada al suelo promovió una mayor actividad microbiana, liberando más  $CO_2$  por efecto de su descomposición, lo cual constituye un proceso biológico básico en el cual el carbono es reciclado a la atmósfera como  $CO_2$ . Por su parte, el testigo difiere estadísticamente de los demás tratamientos,

con valores de  $CO_2$  inferiores, debido a que en un suelo sin residuos vegetales extras como la hojarasca, la actividad microbiana es más lenta, siendo uno de los aspectos más importantes del ciclo de los residuos vegetales, la cantidad de los residuos vegetales adicionados a cada unidad del suelo en un cierto periodo, en este caso cuatro meses; además, hay que tener en cuenta la composición química de los residuos, la descomposición y humificación de los residuos, y la liberación de  $CO_2$  (Gelves, 2008).

**Tabla 2.** Análisis de varianza para el pH por efecto de la aplicación de hojarasca en dos niveles, en un suelo Vitric Haplustand 2010-2011

FV	GL	SC	CM	Valor de F	PR>F
Modelo	23	11,260	0,489	26,77**	0,0001
Repetición	3	4,433	1,477	80,80**	0,0001
Parcela	3	1,863	0,621	33,95**	0,0001
Repetición*parcela	12	1,120	0,093	5,10**	0,0042
Subparcela	1	0,214	0,214	11,73**	0,0050
Parcela*Subparcela	3	0,057	0,019	1,04 <sup>ns</sup>	0,4103
Error	12	0,219	0,018		
Total	35	11,480			

\*\*Diferencias altamente significativas ns: no significativo

El análisis de varianza para la variable pH mostró diferencias estadísticas altamente significativas para tipos de hojarasca y niveles, no se encontraron diferencias para la interacción ( $p < 0,01$ ) (Tab.2).

La prueba de comparación de medias de Tukey (Tab.3) para tipos de hojarasca indica que el pH del suelo al aplicar la hojarasca de la especie quillotocto fue de 6.6 y presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) con respecto a los demás tipos de hojarasca.

**Tabla 3.** Prueba de comparación de medias de Tukey para pH con cinco tratamientos, en un suelo Vitric Haplustand 2010-2011

Tipo de Hojarasca	Promedio	Grupo*
Quillotocto	6,613	a
Acacia	6,104	b
Aliso	6,044	b
Eucalipto	6,031	b
Testigo	5,353	c

\*Medias con la misma letra no difieren estadísticamente

De acuerdo con la tabla 3, la especie quillocto ( $4 \text{ t.ha}^{-1}$ ), ocasionó una modificación del pH con respecto al valor inicial del suelo sin ninguna aplicación. El pH del suelo generalmente se considera adecuado en agricultura si se encuentra entre 6 y 7 porque la mayor parte de los elementos nutritivos para las plantas, presentes en la solución del suelo, son fácilmente asimilables o absorbidos por las raíces.

Según Romheld (1986) y Sandzawka (1989), la modificación del pH se puede producir por liberación de dióxido de carbono por respiración radical y de los microorganismos de la rizosfera. En este caso, la variación del pH podría estar ligada a los efectos que sobre la actividad de los microorganismos promueve la incorporación de hojarasca.

La prueba de comparación de medias muestra que la dosis  $4 \text{ t.ha}^{-1}$  y la dosis  $2 \text{ t.ha}^{-1}$ , presentaron diferencias significativas respecto al testigo. De acuerdo con los resultados obtenidos (Tab.4), los mayores cambios de pH en el suelo, se obtienen al aplicar  $4 \text{ t ha}^{-1}$  en comparación con el testigo.

**Tabla 4.** Prueba de comparación de medias de Tukey para pH con dosis, en suelo Vitric Haplustand 2010-2011.

Dosis $\text{t.ha}^{-1}$	Promedio	Grupo
4	6,280	a
2	6,116	a
0	5,353	a

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente

Los valores de pH del suelo producidos por las aplicaciones de hojarasca difirieron estadísticamente de aquellos que se obtuvieron con el testigo, en cuyo caso el pH fue 5,35 que se califica como fuertemente ácido (Pinzón, 2010), entonces, se puede considerar que

entre mayor tiempo el suelo permanezca sin presencia de especies arbóreas, tiende a acidificarse y por ende en el caso del suelo experimental puede ocurrir una baja solubilidad del fósforo. Con aplicaciones de hojarasca se alcanzó un pH por encima de 6,0 con una reacción que se califica de ligeramente ácida y que puede cambiar positivamente la condición de fertilidad del suelo.

Finalmente, se puede afirmar que los efectos que se consiguen sobre la reacción del suelo resultan importantes, porque ésta influye en la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes, en la vida microbiana del suelo y en las propiedades físico-químicas (López Ritas, 1978).

De acuerdo con la Tab.5, el análisis de varianza para el fósforo presentó diferencias estadísticas altamente significativas para la interacción tratamientos por niveles.

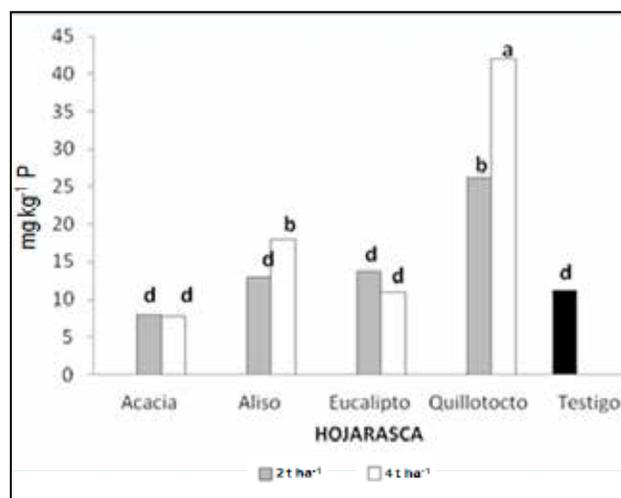
**Tabla 5.** Análisis de varianza para el P por efecto de la aplicación de hojarasca en dos niveles, en un suelo Vitric Haplustand 2010-2011.

FV	GL	CM
Modelo	23	194,502
Repetición	3	147,012**
Parcela (hojarasca)	3	1,064,591**
Repetición* parcela	12	10,388
Subparcela (dosis)	1	162,729**
Parcela * Subparcela	3	135,822 <sup>ns</sup>
Error	12	15,940
Total	35	

\*\*Diferencias altamente significativas; ns: no significativo

La prueba de comparación de medias de Tukey (Fig.2) teniendo en cuenta la interacción tratamientos por niveles, indica que las aplicaciones de hojarasca de las especies

arbóreas (acacia, aliso, eucalipto, quillotoc-to) afectan la concentración de P disponible presente en los suelos de forma diferencial a ciertos niveles de hojarasca (2 t.ha<sup>-1</sup> y 4 t.ha<sup>-1</sup>).



**Figura 2.** Prueba de comparación de medias de Tukey para P con cinco tratamientos, en un suelo Vitric Haplustand 2010-2011

La interacción quillotoc-to 4 t.ha<sup>-1</sup> con un promedio de 42 mg.kg<sup>-1</sup> de P presentó diferencias estadísticas significativas frente a las interacciones (eucalipto-2 t.ha<sup>-1</sup> y 4 t.ha<sup>-1</sup>, aliso-2 t.ha<sup>-1</sup>, Testigo, acacia 2 t.ha<sup>-1</sup> y 4 t.ha<sup>-1</sup>), registrando valores altos. Este resultado ameritaría un estudio en detalle de los efectos de los residuos de quillotoc-to-4 t.ha<sup>-1</sup>, particularmente en lo relacionado con la persistencia del incremento del fósforo disponible en este tipo de suelos que, por ser de génesis volcánica, son deficientes en este nutriente.

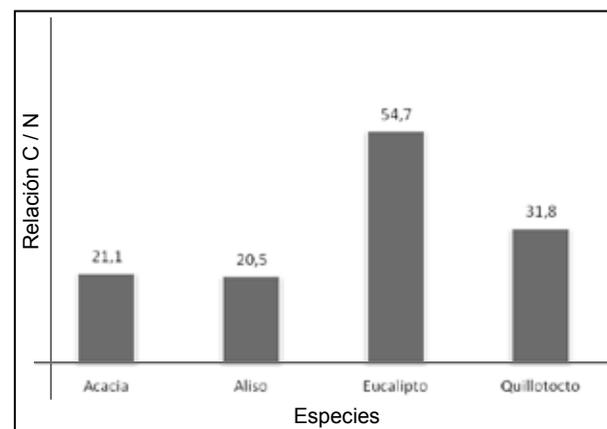
De acuerdo con la Fig.2, se puede afirmar que en el efecto del quillotoc-to con 4 t.ha<sup>-1</sup>, mejora sustancialmente la disponibilidad del P disponible en el suelo (41,99 mg.kg<sup>-1</sup>), con relación al testigo (11,15 mg.kg<sup>-1</sup>); hay un efecto igualmente importante cuando la aplicación de hojarasca de esta especie se baja a la mitad. Los tratamientos de aliso 4 t.ha<sup>-1</sup> y eucalipto 2 t.ha<sup>-1</sup> también superan el valor del testigo, aunque en menor escala. En tanto que la incorporación de eucalipto a las dosis más

alta y acacia en ambas dosis tienen efectos negativos sobre la concentración de P disponible del suelo.

La conversión de fósforo orgánico a formas inorgánicas utilizables por las plantas, es de gran importancia especialmente en suelos con contenido de materia orgánica relativamente altos, ya que por medio de esta transformación se puede liberar cantidades apreciables de P disponible (Myrold, 2005).

Al aplicar 2 y 4 t.ha<sup>-1</sup> de la especie acacia en el suelo, se observa que el P asimilable es más bajo. Según la clasificación realizada por el ICA (1992), para interpretación del nivel de fósforo en suelos del altiplano Cundiboyacense, Nariño y Antioquia las concentraciones de fósforo resultan bajas.

El posible papel de las especies forestales sobre la circulación de nutrientes en su ecosistema, depende de la cantidad de material reciclable y de su tasa de descomposición. Por ello es importante la identificación de las especies arbóreas nativas con influencia positiva sobre la restauración de la fertilidad del suelo, para utilizarlas en el diseño de plantaciones arbóreas mixtas y sistemas agroforestales (Montagnini *et al.*, 1994).



**Figura 3.** Relación carbono:nitrógeno de la hojarasca de cuatro especies arbóreas en un suelo Vitric Haplustand 2010-2011.

De acuerdo con el análisis bromatológico, el follaje de la acacia y aliso, posee una relación C:N inferior a 25, muy beneficiosa para el suelo. Las leguminosas son muy importantes ya que son plantas fijadoras de nitrógeno. La hojarasca con menor relación C:N se descompone más rápido debido a la mayor disponibilidad de N para los descomponedores (Wagner y Wolf, 1998). El aliso, con una relación C:N de 20,6 tiene hojas poco lignificadas y ricas en nitrógeno, en comparación con el eucalipto, en el cual la relación C:N de sus residuos sobrepasa el umbral de 50, teniendo elevados contenidos de ligninas y lípidos (frecuentemente superiores al 10%), así como de taninos condensados que forman complejos polifenol-proteínas, difícilmente biodegradables. Duchaufour (1987), dividió la hojarasca en mejorante, acidificante e indiferente, teniendo en cuenta los componentes del material vegetal y la relación C:N. La mejorante tiene hojas poco lignificadas y ricas en N, con una relación C:N inferior a 25. La acidificante tiene altos contenidos de lignina, lípidos y taninos, y la relación C:N supera el umbral de 50. La indiferente posee características intermedias, pero la relación C:N de sus residuos vegetales no lignificados fluctúa entre 30 y 50.

El manejo de la relación C:N en los materiales orgánicos da buenos resultados. Los de alta calidad por tener una relación C:N estrecha y bajo porcentaje de lignina proporcionan N rápidamente aprovechable, energía C y nutrientes al suelo, construyendo fertilidad y estructura al largo plazo. Su uso estimula la actividad microbiana, el reciclaje de nutrientes y reduce las pérdidas por lavado y desnitrificación. También favorece la sincronía de la demanda de nutrientes por la planta con el suministro por el suelo (Durán y Peña, 1997).

## CONCLUSIONES

Los mayores valores de CO<sub>2</sub> se obtuvieron con la aplicación de aliso que tiene la relación C:N más baja 20,5.

La aplicación al suelo de hojarasca de quillotocto produjo los mayores cambios en la concentración de P disponible y en el pH del suelo.

La aplicación de 4 t.ha<sup>-1</sup> de hojarasca de quillotocto, mejoró la disponibilidad de P con (41,99 mg.kg<sup>-1</sup>); en tanto que la aplicación de hojarasca de eucalipto con 4 t.ha<sup>-1</sup> y acacia con 2 t.ha<sup>-1</sup> y 4 t.ha<sup>-1</sup> presenta efectos negativos sobre la concentración de P disponible del suelo.

## BIBLIOGRAFÍA

BURBANO, H. 1978. Manual de laboratorio: Curso de bioquímica de suelos (versión preliminar). Bogotá: s.e. s.p.

BURBANO, H. 2002. Materia orgánica, acción microbiana y alternativas biorgánicas para la sostenibilidad de los suelos agrícolas. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Capítulo Tolima. 13 – 30 p.

BURBANO, H. 1989. El suelo: una visión sobre sus componentes biorgánicos. EN: Serie de investigaciones, Universidad de Nariño. No. 1. 447p.

BURBANO, H., BLASCO, M. y UNIGARRO, A. 1988. Caracterización de suelos volcánicos de Nariño, Colombia, con énfasis en el componente biológico. Revista de Ciencias Agrícolas. Colombia 10 (1-2): 55-73 pp.

DUCHAUFOR, P. 1987. Edafología, edafogénesis y clasificación. Editorial Masson. Barcelona España. 493 p.

DURÁN, L. y PEÑA, F. 1997. Respuesta de la papa criolla *S. phureja* J. et Buk a la aplicación y fuentes de dosis de potasio en suelos derivados de cenizas volcánicas. Facultad de Ingeniería, Carrera de Ing. Agronómica. UDCA, Bogotá, Colombia. 70. P

GARCÍA, B. 1990. Cambios de algunas características químicas de los suelos de la zona andina de Nariño a través del periodo de 1964 – 1988. En: Informes anuales de actividades, ICA Nariño p. 8 – 11.

- GELVEZ, I. 2008. Efecto del uso del suelo sobre la descomposición de hojarasca y grupos funcionales microbianos. Cuenca del río la vieja. Quindío. Universidad Javeriana. 66p.
- GÓMEZ J. y SÁNCHEZ, M. 2000. El proceso de descomposición de residuos vegetales. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. 16 p.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). 2004. Estudio general de suelos y zonificación de tierras. Departamento de Nariño, Pasto - Colombia. 735p.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). 1992. Fertilización en Diversos Cultivos. Quinta Aproximación. Manual de Asistencia Técnica. No 25.64 p.
- JACKSON, M. 1982. Análisis químico de los suelos. Barcelona. Ed. Omega. 662p.
- LOPEZ RITAS, J y LOPEZ M. 1978. El diagnóstico de suelos y plantas (métodos de campo y laboratorio). Madrid, España,. 337p.
- MONTAGNINI, F.; FANZERES, A.; GUIMARAES DA VINHA, S. 1994. Estudios de restauración en la región del Bosque atlántico de Bahía, Brasil. Yvyra-retá, Misiones. Año 5, N° 5:9-23.
- MUSCHLER, R. 1999. Árboles en cafetales. CATIE. Proyecto agroforestal CATIE/GTZ. Módulo No. 5. Turrialba, Costa Rica
- MYROLD, D. 2005. Transformations of nitrogen. P.333-372. In Sylvia, D M., Fuhrmann, J.J., Hartet, P.G., Zuberer, D.A. (eds.) Principles and applications of soil microbiology.
- NAVIA, J. 2006. Impacto de aportes superficiales de biomasa vegetal de diferente calidad sobre poblaciones nativas de hongos formadores de micorriza arbuscular, rizobios y nematodos, en un suelo agrícola de Santander de Quilichao, departamento del Cauca. [Tesis doctorado]. Palmira: Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Facultad de ciencias agropecuarias. 140 p.
- PALMA, J.M y FLORES, R. 1997. Aproximación al estudio de la vegetación arbórea del estado de Colima, México. X Reunión de Avances en Investigación Agropecuaria Trópico'97. Barra de Navidad, Jal., México. pp 88 - 90
- PARKER, L. W.; MILLER, J; STEINBERGER; y; WHITFORD. 1983. Soil respiration in a Chihuahuan desert rangeland. Soil Biol Biochem 15:303-309.
- PINZÓN PINTO, A. 2010. Edafología. 1a. Ed. Bogotá, Cargraphics. 299 p.
- QUEMADA, M.; MENACHO, E. 1999. Emisión de CO<sub>2</sub> y mineralización de nitrógeno en un suelo previamente tratado con lodo de depuradora. Pamplona. Universidad Pública de Navarra. s.p.
- REICOSKY, D. 2007. Carbon sequestration and environmental benefits from no-till systems. En: Goddard, T., Zoebisch, M., Gan, Y., Ellis, W., Watson, A. & Sombatpanit, S., eds. No-till farming systems. Word association of soil and water conservation. Special publication No. 3. pp. 43-58.
- ROMHELD, V. 1986. Variaciones en el pH de la rizosfera de varias especies de plantas cultivadas en función de las aplicaciones de elementos. *Rev Potasa*. Sec 6, No 12. pp. 1-8.
- SANDZAWKA, A. 1989. El pH de la rizosfera del trigo y del lupino. *Agric Téc* (Chile), Vol. 49, No. 1 (ene.- mar.); p. 71-73.
- SIQUEIRA, S.; MUREIRA, F; GRISI, B.; HUNGRÍA, M.; ARAÚJO, R. Microorganismos e procesos biológicos do solo. Brasilia. Embrapa. 1994. 142 p.
- WAGNER, G.H. & WOLF, D.C. 1998. Carbon transformations and soil organic matter formation. En: SYVIA, D.M.; FURHMAN, J.J.; HARTEL, P.G. y ZUBERER, D.A. Principles and applications of soil microbiology. First edition. Prentice Hall. Inc. Upper Saddle River, USA, 550 p.
- ZAPATA, R y OSORIO, N. 2010. La materia orgánica del suelo. En: Ciencia del Suelo, Burbano, H. y Silva, F, eds. Bogotá, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. pp. 357-391.