

EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE HOJARASCA DE CUATRO ESPECIES  
ARBÓREAS SOBRE LOS NIVELES DE CO<sub>2</sub>, pH Y P EN UN SUELO VITRIC  
HAPLUSTAND

YURY ZENEIDA MORAN G

LUZ MARITZA PORTILLO R

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL  
SAN JUAN DE PASTO

2011

---

EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE HOJARASCA DE CUATRO ESPECIES  
ARBÓREAS SOBRE LOS NIVELES DE CO<sub>2</sub>, pH Y P EN UN SUELO VITRICO  
HAPLUSTAND

YURY ZENEIDA MORAN G

LUZ MARITZA PORTILLO R

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

Asesor:

Ing. Hernán Burbano

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
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 1<sup>o</sup> 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 Pasto, Noviembre de 2011



**EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE HOJARASCA DE CUATRO ESPECIES  
ARBÓREAS SOBRE LOS NIVELES DE CO<sub>2</sub>, pH Y P EN UN SUELO VITRIC  
HAPLUSTAND<sup>1</sup>**

**EFFECT OF THE ADDITION OF FOUR LITTER TREE SPECIES ON LEVELS  
OF CO<sub>2</sub>, pH AND P IN A SOIL VITRIC HAPLUSTAND<sup>1</sup>**

Yury Zeneida Moran G<sup>2</sup>., Luz Maritza Portillo R<sup>3</sup>., Hernán Burbano O<sup>4</sup>., Jorge Vélez L.<sup>5</sup>

**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; 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 zona de vida bosque seco montano bajo; 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, localizado en el Altiplano de Pasto, Colombia. Las muestras de suelo se tomaron de una cobertura de pasto y el material vegetal se lo tomó de un sistema silvopastoril banco de proteínas las cuales fueron a tiempo cero y se llevaron al laboratorio. El material se secó en el horno y el suelo al aire libre por un lapso de tres días. Para la medición de CO<sub>2</sub> se utilizó un sistema atmosférico cerrado, utilizando el calcímetro volumétrico y se realizó determinaciones cada ocho días,

---

<sup>1</sup> Artículo del trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Agroforestal

<sup>2</sup> Estudiante Ingeniería Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. Colombia. Yury.moran@yahoo.es

<sup>3</sup> Estudiante Ingeniería Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. Colombia. mari\_portillo1203@hotmail.com

<sup>4</sup> Ingeniero Agrónomo, M. Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. Pasto. Colombia. hernan.burbano@googlemail.com

<sup>5</sup> Ingeniero Agroforestal, M. Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. Pasto. Colombia. jvelezlozano@gmail.com

Para la medición del P aprovechable (Bray y kurtz No. 2) se utilizó el espectrofotómetro y para medir el pH el ph-metro y se realizaron determinaciones cada mes.

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 (2t/ha y 4t/ha) y cuatro repeticiones. El ensayo se condujo por espacio dieciséis 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 interacción; la aplicación al suelo de hojarasca de Quillotocto produjo los mayores cambios en la concentración de P disponible con 41,99 ppm y pH con 6,6. 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.

**PALABRAS CLAVE:** Materia orgánica, mineralización, especies arbóreas.

### **ABSTRACT**

This research was conducted using plant material from plantations established in the experimental FEDEPAPA Farm, located in the village of Obonuco municipality of Pasto, with length of 76 ° 16 'west and latitude 1 ° 13' north, at a height average of 2710 meters, with an annual rainfall of about 840mm, a temperature of 12 to 13oC and dry forest life zone montano low, was evaluated under laboratory conditions, the effect of the incorporation of litter of four tree species on CO<sub>2</sub> levels, pH and P availability in a vitric haplustand, located in the highlands of Pasto, Colombia. Soil samples were taken from a grass cover and the plant material is taken from bank silvopastoral system proteins which were at time zero and brought to the laboratory. The material was dried in the oven and outdoor floor for a period of three days. For the measurement of CO<sub>2</sub> used a closed atmospheric system, using the volumetric calcímetro and determinations made in eight days.

To measure the usable P (Bray and Kurtz No. 2) spectrophotometer was used to measure

pH and the pH-meter and determinations were made each month. The analysis of results was done by a design of a randomized complete block with split plot, with five treatments in which litter was added (control, Acacia, Alder, Eucalyptus, Quillotocto), two levels of litter (2t/ha and 4t / ha) and four replications. The experiment was conducted for a period sixteen weeks with soil incubated at field capacity. With respect to CO<sub>2</sub> and P, were found highly significant differences for treatments, significant and highly significant levels for the interaction, where the best results were obtained with the species and Aliso Quillotocto with 4t/ha 4t/ha to pH differences were significant for the treatments (Quillotocto 4t/ha).

**KEY WORDS:** Organic matter, mineralization, tree species.

## 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 ecosistemas. 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 ello, es importante la adición de residuos vegetales para compensar, la pérdida de materia orgánica. Ha ocurrido una drástica disminución del pH, de los contenidos de Ca, Mg, materia orgánica, porosidad y profundidad efectiva con afloramiento del subsuelo debido la erosión, la pulverización del suelo y a la continua y selectiva extracción de nutrientes por el monocultivo (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 ayudaría al agricultor al mejoramiento de la calidad de los suelos, pero no se le está dando un debido manejo ya que en muchas ocasiones no se las incluye en un sistema de producción ya sea agrícola o pecuario, perdiendo la oportunidad de obtener múltiples beneficios tanto económicos como ambientales.

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, por lo que se hace necesaria la utilización de especies arbóreas para la incorporación de hojarasca al suelo, buscando, con el tiempo, el 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, ya que ésta hace las veces de material de partida para formación de materia orgánica, la cual en sus niveles altos es uno de los factores principales, tanto en su rol de mantener la estructura del suelo, como por su importancia como fuente y sustrato de nutrientes. (Muschler, 1999)

Los sustratos orgánicos por acción de los microorganismos influyen directamente en la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre de vital importancia para el mantenimiento y mejoramiento de la fertilidad y productividad del suelo (Burbano, 2002). La respiración del suelo es una medida de la actividad de los microorganismos, lo cual puede ser un indicativo de la velocidad de degradación de los materiales que llegan al suelo; a la vez, la medición

del CO<sub>2</sub> se considera como una medida de respiración del suelo (Smith *et al.*, 1985; 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, en la intención de tener algunos criterios para orientar prácticas que permitan neutralizar la degradación del suelo en la zona de estudio, con el uso de este tipo de prácticas.

### METODOLOGÍA

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 Bs-pm (bosque seco-premontano) (Navia *et al.*, 2006).

En primer lugar se determinó el tipo de suelo necesario para la investigación el cual corresponde a un *vitric haplustand*, que según el IGAC (2004), son suelos caracterizados por ser muy profundos, bien drenados, pertenecen al grupo textural franco limoso y se han desarrollado a partir de cenizas volcánicas y para su determinación se utilizó NaF. Sobre esta base se tomó las muestras de suelo el cual tuvo cobertura de pasto y se procedió a colocar el suelo en bolsas plásticas debidamente rotuladas para ser llevadas al laboratorio.

El material vegetal se tomó de las cuatro especies arbóreas (Acacia, Aliso, Eucalipto y Quillotocto) a tiempo cero; 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 al laboratorio.

En el laboratorio se secaron las muestras de material vegetal en el horno a una temperatura de 75°C en un lapso de 72 horas; una vez el material vegetal 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 utilizó 108 tubos de ensayo, la muestra de suelo se llevó a capacidad de campo para aplicar los cinco tratamientos, con dos niveles de hojarasca y cuatro repeticiones. En cada tubo de ensayo se colocó 10g de suelo y se incorporó 0,1g (2t/ha) y 0,2g (4t/ha) respectivamente de hojarasca molida y tamizada en una malla de 2mm.

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 espectofotómetro y para medir el pH el phmetro (Jackson, 1982) y se realizaron determinaciones cada mes.

Los tratamientos fueron los siguientes: **T0**. Suelo sin incorporación **T1**. Aplicación de Acacia *Acacia decurrens*, **T2**. Aplicación de Aliso *Alnus acuminata*, **T3**. Aplicación de Eucalipto *Eucalyptus globulus*, **T4**. Aplicación de Quillotocto *Tecoma stans*, siempre en forma de hojarasca. Los niveles de aplicación fueron: 2 t/ha (0,1g) y 4 t/ha (0,2g), el testigo no tuvo aplicación de hojarasca y se realizaron cuatro repeticiones. Para analizar los datos se utilizó un diseño de bloques completos al azar con parcelas divididas 4x2+1 con cuatro repeticiones; donde el factor A es los tipos de hojarasca y el factor B las dosis con un testigo sin aplicación. La asignación de tratamientos a unidades experimentales, se llevó a cabo, independientemente en cada bloque de manera aleatoria.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El análisis de varianza presentó diferencias altamente significativas para tratamientos, no se encontraron diferencias para niveles. Sin embargo, se hallaron diferencias estadísticas para la interacción (Tabla 1).

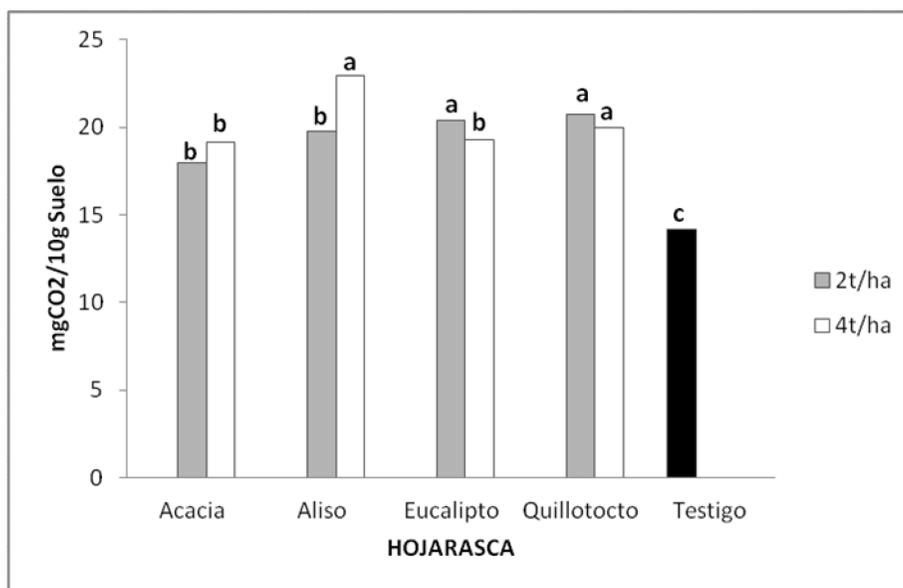
**Tabla 1.** Análisis de varianza para el CO<sub>2</sub> por efecto de la aplicación hojarasca en dos niveles, en un suelo Vitric Haplustand 2010-2011.

FV	GL	CM
Modelo	83	61,5214**
Repetición	15	234.163**
Parcela (hojarasca)	3	44.105**
Repetición*parcela	60	8.237
Subparcela (dosis)	1	13.032 <sup>ns</sup>
Parcela*Subparcela	3	31.129
Error	60	7.358
Total	143	

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

La prueba de comparación de medias de Tuckey (figura 1) indica que los tratamientos Aliso-4t/ha, Quillotoco-2t/ha y 4t/ha, Eucalipto-2t/ha, no presentaron diferencias estadísticas significativas entre sí, pero si presentaron diferencias con los tratamientos Aliso 2t/ha, Eucalipto 4t/ha, Acacia 2t/ha y 4t/ha; sin embargo todos difieren estadísticamente del Testigo con 14,18 mg CO<sub>2</sub>/10g suelo en el cual no se aplicó material vegetal.

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



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 hacen las veces de fuentes energéticas que permiten una mayor actividad de la microflora edáfica, reflejada en una mayor producción de CO<sub>2</sub>, como lo reportan para suelos del volcán Galeras (Burbano, Blasco y Unigarro, 1988).

En atención a que la relación carbono nitrógeno 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, et al., 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 acompañado y 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 constitutivas 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, debido a que 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 de respiración. Por descomposición o mineralización básicamente por acción microbiana, se produce  $\text{CO}_2$ , y la planta absorbe cationes Ca, Mg y K, y para mantener el equilibrio libera  $\text{H}^+$  por la raíz, lo cual contribuye a incrementar la acidez del suelo (Zapata y Osorio 2010).

De acuerdo con la figura 1., la especie Aliso con 4t/ha al ser incorporada al suelo promueve una mayor actividad microbiana, liberando más  $\text{CO}_2$  por efecto de la descomposición de los residuos vegetales, lo cual constituye un proceso biológico básico en el cual el carbono es reciclado a la atmósfera como  $\text{CO}_2$ . Por su parte, el testigo difiere estadísticamente de los demás tratamientos, con valores de  $\text{CO}_2$  inferiores a los demás tratamientos, 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, el proceso de descomposición y humificación de los residuos, y la liberación de  $\text{CO}_2$  (Gelves, 2008).

El análisis de varianza para la variable pH muestra diferencias estadísticas altamente significativas para tipos de hojarasca y niveles, no se encontraron diferencias para la interacción (tabla 2).

**Tabla 2.** Análisis de varianza para el pH por efecto de la aplicación de hojarasca en dos niveles, en un suelo Vitric Haplustand 2010-201

FV	GL	CM
Modelo	23	0.489**
Repetición	3	1.477**
Parcela (hojarasca)	3	0.621**
Repetición*parcela	12	0.093
Subparcela (dosis)	1	0.214**
Parcela*Subparcela	3	0.019 <sup>ns</sup>
Error	12	0.018
Total	35	

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

La prueba de comparación de medias de Tuckey (Tabla 3) para tipos de hojarasca indica que el pH del suelo al aplicar la hojarasca de la especie Quillotocto es de 6.6 y presenta diferencias significativas con respecto a los demás tipos de hojarasca.

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

Grupo	Promedio	Tipos de hojarasca
a	6.613	Quillotocto
b	6.104	Acacia
b	6.044	Aliso
b	6.031	Eucalipto
c	5.353	Testigo

De acuerdo con la tabla 3, tanto la especie Quillotocto (4t/ha), como la especie Acacia (2t/ha) al incorporar su hojarasca, producen una modificación de su pH con respecto al valor inicial del suelo sin ninguna aplicación. El pH del suelo es generalmente considerado adecuado en agricultura si se encuentra entre 6 y 7 porque la mayor parte de las sustancias nutritivas para las plantas, presentes en la solución del suelo, son fácilmente asimilables o absorbidas 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 promovió la incorporación de hojarasca.

La prueba de comparación de medias indica que la dosis 4t/ha y la dosis 2t/ha, presentan diferencias significativas respecto al testigo. De acuerdo con los resultados obtenidos (Tabla 4), los mayores cambios de pH en el suelo, se obtienen al aplicar 4 t/ha en comparación con el testigo.

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

Grupo	Promedio	Dosis t/ha
a	6.280	4
a	6.116	2
b	5.353	0

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 considera como fuertemente ácido (Pinzón, 2010), 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 Tabla 5, el análisis de varianza para el fósforo presentó diferencias estadísticas altamente significativas para la interacción tratamientos por niveles.

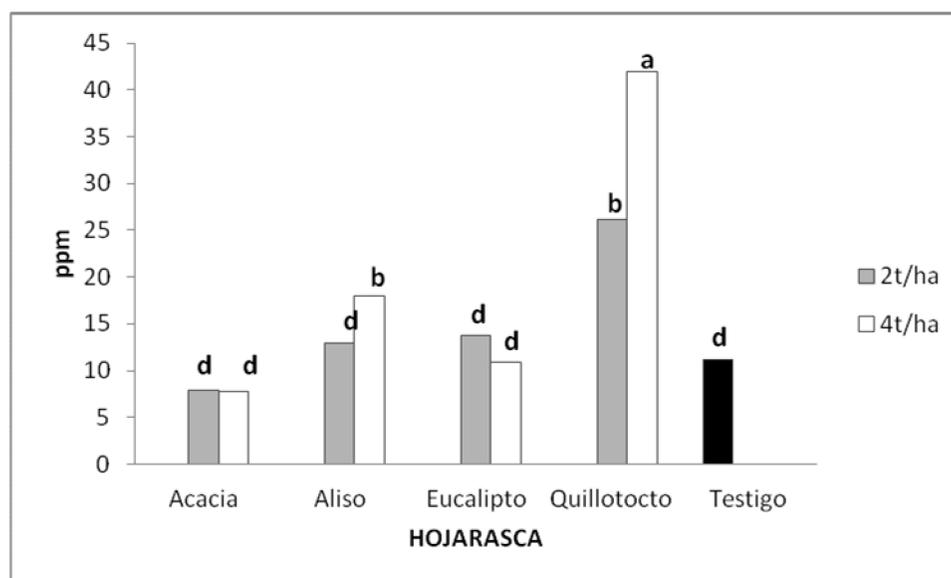
**Tabla 5.** Análisis de varianza para el P por efecto de la aplicación de hojarasca en dos niveles, en un suelo Vitric Haplustand 2010-2011.

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 Tuckey (figura 2) teniendo en cuenta la interacción tratamientos por niveles, indica que las aplicaciones de hojarasca de las especies arbóreas (Acacia, Aliso, Eucalipto, Quillotocto) afectan la concentración de P disponible presente en los suelos de forma diferencial a ciertos niveles de hojarasca (2t/ha y 4t/ha).

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



La interacción Quillotocto-4 t/ha con un promedio de 42 ppm presenta diferencias estadísticas significativas frente a las interacciones (Eucalipto-2 t/ha y 4 t/ha, Aliso-2 t/ha, Testigo, Acacia 2 t/ha y 4 t/ha), y registra unos valores, para la primera de estas especies, sorprendentemente altos. Este resultado ameritaría un estudio en detalle de los efectos de los residuos de Quillotocto-4 t/ha, 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 figura 2, se puede afirmar que en el efecto del Quillotocto con 4 t/ha, mejora ostensiblemente la disponibilidad del P disponible en el suelo (41,99 ppm), con relación al testigo (11,15 ppm); 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 y Eucalipto 2 t/ha 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).

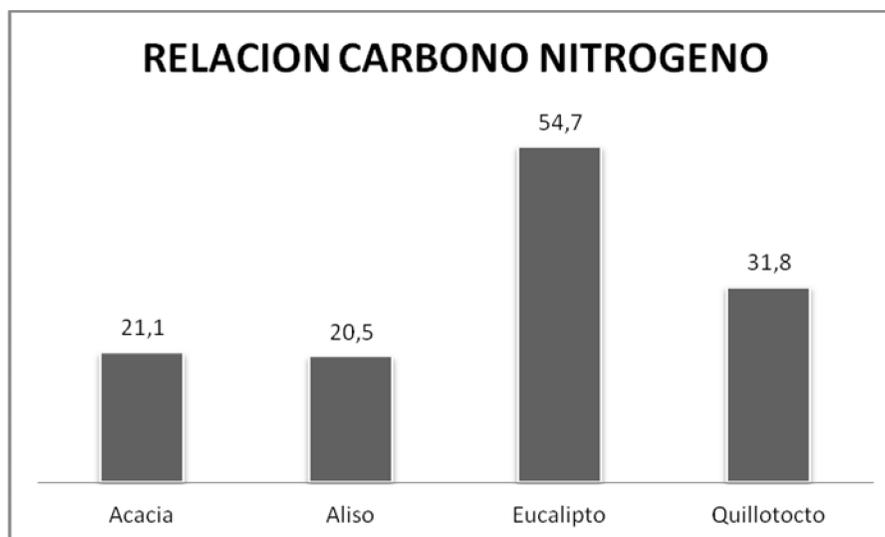
Los resultados de la incorporación de hojarasca indican que, el contenido de P es mayor, cuando se aplica hojarasca de la especie Quillotocto, en relación con los demás tratamientos evaluados.

Al aplicar 2 y 4 t/ha de la especie Acacia en el suelo, se observa que el P asimilable es mínimo. Según la clasificación realizada por el ICA (1992), para interpretación del nivel de fosforo en suelos del altiplano Cundiboyacense, Nariño y Antioquia esta concentración resulta baja.

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 la Acacia y Aliso, posee una relación C:N inferior a 25 lo que es 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 está constituida por 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).

Vale señalar que 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, et al., 1997).

### **CONCLUSIONES**

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 de hojarasca de Quillotocto, mejoró la disponibilidad de P con (41,99 ppm); en tanto que la aplicación de hojarasca de Eucalipto con 4t/ha y Acacia con 2t/ha y 4t/ha presentan efectos negativos sobre la concentración de P disponible del suelo.

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.

### **RECOMENDACIONES**

Realizar estudios más pormenorizados incorporación de hojarasca de las especies Aliso, Quillo6cto, en diferentes ambientes.

### **AGRADECIMIENTOS**

A Hernán Burbano Orjuela I.A, M. Sc. presidente de tesis por su acompañamiento y orientación en todas las fases del proyecto, a Jorge Vélez por su ayuda incondicional, a los jurados delegados Hugo Ruiz y Jorge Fernando Navia por su disposición, A Juan Carlos Delgado por su colaboración en el laboratorio de suelos, al profesor Germán Chávez y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron para la realización de esta

investigación. Este trabajo fue apoyado por la Universidad de Nariño, Centro de Investigación Obonuco, granja Experimental Fedepapa.

## **BIBLIOGRAFÍA**

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

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

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

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

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

DURÁN, L.F., y PEÑA, F.J. 1997. Respuesta de la papa criolla (S. phueja 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, Bogota, Colombia. 70. p

GARCÍA, Bernardo. 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 (1990); p. 8 – 11.

GELVEZ, Ivonn. Efecto del uso del suelo sobre la descomposición de hojarasca y grupos funcionales microbianos. Cuenca del rio la vieja. Quindío, 2008.

GOMEZ J, SANCHES M. 2000. El proceso de descomposición de residuos vegetales. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. 16 p.

- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). Estudio general de suelos y zonificación de tierras. Departamento de Nariño, Pasto – Colombia. 2004. 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. 662 p .
- LOPEZ RITAS, Julio y LOPEZ Melida, Julio. El diagnóstico de suelos y plantas (métodos de campo y laboratorio). Madrid, España, 1978. 337p.
- MONTAGNINI, F.; FANZERES, A.; GUIMARAES DA VINHA, S. 1994. Estudios de restauración en la región del Bosque atlántico de Bahía, Brasil. Yvyrareta, Misiones. Año 5, N<sup>o</sup> 5:9-23.
- MUSCHLER, R.G. 1999. Árboles en cafetales. CATIE. Proyecto agroforestal CATIE/GTZ. Módulo No. 5. Turrialba, Costa Rica
- MYROLD, D.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.; Y. Steinberger; Whitford. Soil respiration in a Chihuahuan desert rangeland. *Soil Biol Biochem* 15:303-309. 1983.
- PINZÓN PINTO, A. 2010. Edafología. 1ª. Ed. Bogotá, Cargraphics. 299 p.

QUEMADA, M.; MENACHO, E. Emisión de CO<sub>2</sub> y mineralización de nitrógeno en un suelo previamente tratado con lodo de depuradora. Pamplona. Universidad Pública de Navarra. 1999.

REICOSKY, Donald C. 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. World Association of soil and water conservation. Special publication No. 3. pp. 43-58.

ROMHELD, V. 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. (1986); p. 1-8.

SANDZAWKA, A. El pH de la rizosfera del trigo y del lupino. *Agric Téc* (Chile), Vol. 49, No. 1 (ene.- mar. 1989); 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. Y WOLF, D.C. 1998. Carbon transformations and soil organic matter formation. In: Principles and applications of soil microbiology. 218-258p.

ZAPATA, R y OSORIO, N. 2010. La materia orgánica del suelo. En: Ciencia del Suelo, Burbano, H. y Silva, F., eds. pp. 357-391.