



## RELACIÓN ENTRE COBERTURA, PERÍMETRO DEL TALLO DE PLÁTANO Y ACTIVIDAD MICROBIANA DEL SUELO EN TIMBÍO (CAUCA)

Evelin Delgado, Gloria Mosquera, Iván Paz ✉

Universidad del Cauca,  
Facultad de Ciencias  
Agropecuarias

✉: ipaz@unicauca.edu.co

**Palabras clave:** Biomasa microbiana, respiración, clon, Hartón, Dominico Hartón, cobertura.

### RESUMEN

*Se evaluó la relación entre el tipo de cobertura y la actividad biológica del suelo en dos cultivares de plátano (Hartón y Dominico Hartón) establecidos en la finca La Sultana, vereda Urubamba en Timbío, Cauca, Colombia. Se seleccionaron 12 unidades experimentales por cada clon para medir actividad biológica de la rizosfera en función de respiración y biomasa microbiana considerando el tipo de cobertura (suelo limpio y suelo con residuos de cosecha de plátano) y el desarrollo de las plantas basado en el perímetro del pseudotallo. Los resultados mostraron la tendencia de la actividad biológica a incrementar con el aumento de las lluvias. Se encontró que en época seca la mayor respiración fue para el Clon Dominico Hartón y en la época lluviosa el Clon Hartón. En cuanto a la biomasa microbiana, esta incrementó entre agosto y noviembre en 1830,3% para el Clon Hartón y en 2372,5% para el Dominico Hartón. Con respecto al tipo de cobertura, para los dos clones se obtuvo mayores valores en respiración y biomasa microbiana en los suelos con cobertura. Al analizar la actividad biológica en función del perímetro del pseudotallo, se obtuvo mayores promedios de respiración y biomasa microbiana en las plantas con perímetros entre 0.62 a 0.76 m.*

## RELATION BETWEEN COVER CROPS, STEM PERIMETER AND THE MICROBIAL ACTIVITY OF THE SOIL IN TIMBÍO (CAUCA).

**Key words:** Microbial biomass, breathing, clone, Hartón, Dominico Hartón, cover crops.

**SUELOS  
ECUATORIALES**  
43 (1): 46-52

ISSN 0562-5351

### ABSTRACT

*The relation between the kind of cover crops and the microbial activity of the soil in two plantain cultivated varieties (Hartón and Dominico-Hartón plantain) established in "La Sultana farm", Urubamba settlement, Timbío, Cauca, Colombia was evaluated. Nine experimental units in each clone were selected, to measure biological activity and microbial biomass taking into account the kind of cover crops (clean soil; crops, leaves and plantain stem residues cover crops handling) and the development of plants (based on the measurement of the pseudostem). The results indicated the increasing trend to the biological activity based on the rhizosphere and major breathing with the rainfall. The Dominico-Hartón clone got the major breathing in dry seasons and the Hartón clone in the rainy seasons. The estimated biomass increased during August and November in 1830,3% for the Hartón clone and of 2372,5% for the Dominico-Hartón. According to the kind of cover crops, higher values were obtained in the breathing and microbial biomass of the soils handle with cover crops in the two evaluated clones. According to the development of the plants (based on the pseudostem perimeter), higher average of breathing and microbial biomass in plants with perimeter between 0,62 to 0,76 m were obtained.*

## INTRODUCCIÓN

Un suelo fértil da las condiciones químicas que el cultivo de plátano requiere para producir racimos y frutos que cumplan con las exigencias del mercado, pero estas condiciones están ligadas a la tasa de biodegradación y mineralización que el suelo genere. La mineralización es un proceso que estimula la actividad microbiana del suelo, necesaria para aumentar la disponibilidad de nutrientes, favorecer el ciclaje, y mantener la fertilidad del mismo. Es por ello que la cuantificación de indicadores biológicos como actividad en el suelo, tasa de respiración (consumo de  $O_2$  y emisión de  $CO_2$ ), biomasa microbiana, producción de ATP, biosíntesis de macromoléculas, producción y liberación de calor, entre otras, son importantes para el diagnóstico de sanidad y potencial de fertilidad de suelos agrícolas, así mismo para planificar su manejo y garantizar la producción y calidad de cualquier cultivo, tal es el caso del plátano (Paz et al 2006).

Un mecanismo para conservar la fertilidad de un suelo consiste en promover la descomposición de los residuos orgánicos provenientes de coberturas de residuos de cosecha cuyos productos finales proveen energía, agua y elementos en formas minerales (Singer y Munns, 1996). La tasa de descomposición de estos materiales está en función de diversas características y procesos incluyendo su origen, composición química o calidad del material orgánico, la temperatura y humedad del sustrato y la composición de la comunidad descomponedora (Heal *et al.*, 1997; Neher *et al.*, 2003), por tanto, es importante conocer tales relaciones en el suelo.

La finca La Sultana propiedad de la Universidad del Cauca ubicada en la vereda Urubamba, cuenta con un cultivar de plátano compuesto por los Clones Hartón y Dominicó Hartón, en el cual se presentó la oportunidad de explorar el efecto del uso de cobertura de residuos de plátano sobre la actividad biológica y microbiana del suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

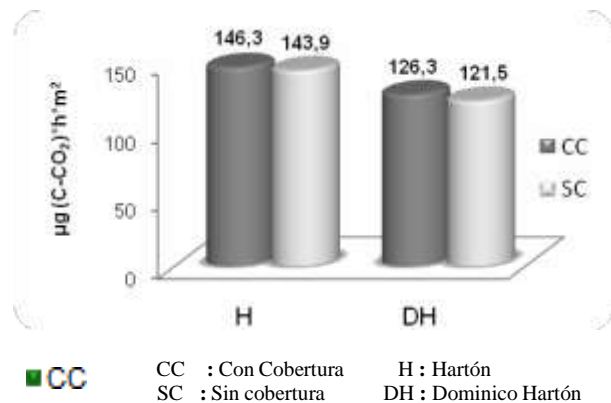
En la finca La Sultana propiedad de la Universidad del Cauca, ubicada en la vereda Urubamba del municipio de Timbío (Cauca) a 1780 msnm, con precipitación promedio de 2000 mm/año, temperatura promedio de 18.4°C, brillo solar de 1819 hora/año y humedad relativa del 80% con suelos franco arenosos

derivados de cenizas volcánicas, buena permeabilidad, pH de 4.6, 11.8% de materia orgánica y 6,2 ppm de fósforo asimilable, se estableció una parcela experimental en bloques completos al azar en un cultivar de plátano con los Clones Hartón y Dominicó Hartón manejado técnicamente, para determinar el efecto de la cobertura (residuos de tallo de plátano) sobre la actividad biológica. Como indicadores se determinó en cada una de las unidades experimentales la actividad biológica mediante la captura de  $C-CO_2$  proveniente de la respiración (método de campo utilizado por Swisher, 1999) y la biomasa microbiana, mediante la determinación de C orgánico por el método de fumigación extracción (Wild, 1992; Visser, Neuza, Asakawa. CIAT 2001). Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente mediante estadígrafos como prueba de t y análisis de varianza, para detectar diferencias significativas entre las fuentes de variación (tipo de plátano y el tipo de cobertura).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Relación entre tipo de Clon y Cobertura

En la figura 1, se observa la tendencia de la respiración en zona de la rizosfera de plantas de plátano, siendo esta mayor en suelos manejados con cobertura bajo los dos clones mencionados. Se encontró para el Clon Hartón con cobertura, un promedio de  $146.3 \mu g(C-CO_2) h^{-1}m^{-2}$  y sin cobertura  $143.9 \mu g(C-CO_2) h^{-1}m^{-2}$  con una diferencia no significativa del 2% y para el clon Dominicó Hartón  $126.3 \mu g(C-CO_2) h^{-1}m^{-2}$  y  $121.5 \mu g(C-CO_2) h^{-1}m^{-2}$  respectivamente con una diferencia significativa del 4% (prueba de t;  $\alpha = 0,05$ ).



**Figura 1.** Respiración estimada en zona de rizosfera ( $\mu g(CO_2) h^{-1}m^{-2}$ ) de suelos con y sin cobertura bajo clones Hartón y Dominicó Hartón

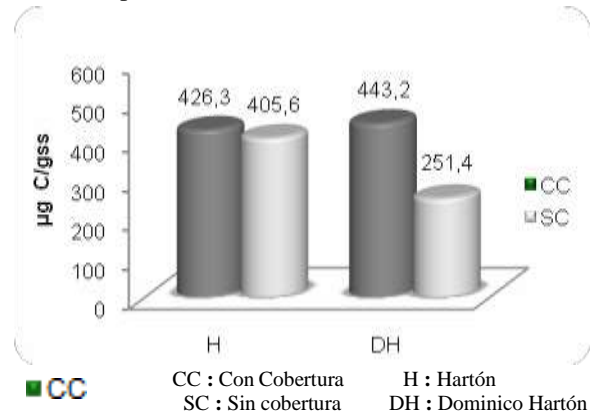
La mayor respiración presentada en la rizosfera del clon Hartón en los dos sistemas de manejo del suelo, se puede explicar con lo mencionado por Tai (1977) citado por Robinson y Bower (1988) quienes manifiestan que el clon Hartón presenta más tasa de fotosíntesis ( $13.9 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) que el clon Dominico Hartón ( $12.67 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) por tanto mayor transpiración y mayor respiración (García et al., 2010). La influencia de las coberturas sobre la respiración en la zona de rizosfera de los clones mencionados se debe al incremento en el proceso de absorción y transporte de los nutrientes que se da en la raíz y que son aportados por la cobertura (Swisher, 1999), proceso que a la vez induce al crecimiento de las raíces (Kononova 1982) y estimula la liberación de diferentes tipos de exudados radicales que son necesarios para el desarrollo de hongos, bacterias, actinomicetos, algas, protozoos y nemátodos, como lo mencionan Ferrera y Pérez, (1995), citados por Acuña et al., (2006). Las coberturas también aportan al suelo compuestos energéticos que favorecen la actividad de las poblaciones microbianas, a la vez que las bacterias y hongos superiores producen sustancias que como el ácido 3-indolacético estimulan el crecimiento y desarrollo radical de las plantas (Quezada, 1999).

Otro aspecto que posiblemente potencializó el proceso de absorción de nutrientes, fue el efecto aislante que producen los residuos vegetales sobre el suelo, regulando la temperatura y el proceso de evaporación de agua (Woomer et al., 1994; Amezcuita, 1994) que como efecto conduce a mejorar la mineralización y el aumento en las poblaciones microbianas. Cabe resaltar que en La Sultana la temperatura medida mostró mayores promedios en suelos desnudos con diferencias de  $3^\circ\text{C}$  sobre suelos cubiertos, corroborando lo mencionado por Amezcuita (1994).

En la figura 2, se observa el comportamiento de la BM durante todo el período de evaluación julio- noviembre), en el cual el suelo bajo el Clon Hartón con cobertura presentó valores promedio de  $426,3 \mu\text{gC g}^{-1}$  y sin cobertura de  $405,6 \mu\text{gC g}^{-1}$  con diferencia significativa de 5,1% a favor de la cobertura. El clon Dominico Hartón fue más contundente al presentar promedios de  $443,2 \mu\text{gC g}^{-1}$  y  $251,4 \mu\text{gC g}^{-1}$  respectivamente con diferencia de 76,3% también a favor de la cobertura (Prueba de t,  $\alpha = 0.05$ ).

El mayor contenido de BM en los suelos con cobertura bajo los dos clones, se puede explicar por su incidencia en las características físicas del suelo,

ocasionando mejor retención de agua y mejor aireación, aspectos que favorecen la actividad y desarrollo de las poblaciones microbianas y en consecuencia las condiciones para el crecimiento de las plantas como ya se mencionó (OIRSA, 2005; Quezada, 1999). También por la relación directa entre la materia orgánica y la dinámica de la BM, debido a que todo material orgánico que ingresa al suelo es utilizado como fuente de energía por las poblaciones microbianas (Partón et al., 1987; Sparling, 1992; Paz et al., 2006). Este efecto, es más eficiente cuando el material orgánico empleado como cobertura proviene del mismo cultivo.



**Figura 2.** Promedios de biomasa microbiana ( $\mu\text{gC/gss}$ ), estimada en suelos con y sin cobertura bajo influencia de los clones Hartón y Dominico Hartón.

Quezada (1999), reportó que el uso de coberturas de residuo de cosecha de banano mostró un efecto positivo en el control y disminución de las poblaciones de organismos parásitos y aumento de poblaciones benéficas. Gowen, (1993), cita que esta técnica además de mejorar el vigor de las plantas, en algunas situaciones alarga la vida productiva del cultivo.

Otra razón en favor de las coberturas en el aumento de la BM, es que ayudan a conservar la humedad del suelo y regular la temperatura. Tales factores ambientales definen las características del medio en que se degrada el material vegetal, ejerciendo numerosos efectos sobre la actividad microbiana del suelo, su tasa de crecimiento y metabolismo (Pazuelo, 2005). La regulación de la temperatura, además de incidir en el crecimiento de las raíces, estimula la liberación de diferentes tipos de exudados radicales necesarios para el desarrollo de la BM (Acuña et al., 2006).

La diferencia marcada en el contenido de BM obtenido del suelo bajo el clon Dominico Hartón con cobertura frente al sin cobertura, puede estar relacionada con su adaptación a climas templados y alturas hasta 2000 msnm (la zona de estudio se ubica a 1780 msnm) y al incremento de lluvias (Belalcázar, 2003) que se dio en octubre y noviembre, puesto que por su adaptación este clon responde mejor que el Hartón a mayores condiciones de humedad en el suelo (García et al, 2010).

**RELACIÓN ENTRE CLIMA Y COBERTURA**

La figura 5, muestra que a lo largo de cuatro meses de evaluación, los suelos cubiertos con residuos de cosecha reportaron mayor respiración comparados con aquellos suelos manejados sin cobertura, también que con el inicio de las lluvias esta se incrementó. Las diferencias entre los dos manejos fueron significativas (prueba de t,  $\alpha = 0.05$ ) mes a mes a favor de los suelos con cobertura. Para Julio (época seca) 46,5%, para Agosto (época seca) 8 %, para Octubre (comienzo de la época lluviosa) 28,6%

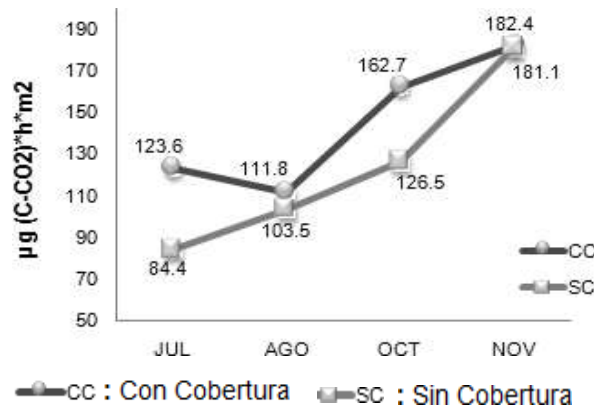


Figura 5. Promedios de la actividad biológica en zona de rizosfera de plátano ( $\mu\text{g}(\text{C-CO}_2) \text{ h}^{-1} \text{ m}^{-2}$ ), en suelos sin y con cobertura entre Julio y Noviembre de 2010

Los resultados anteriores se explican según lo reportado por Tai (1977) citado por Robinson y Bower (1988), quien menciona que las tendencias de las plantas de plátano, es reducir la transpiración bajo condiciones de estrés hídrico como mecanismo de resistencia a la sequia para economizar agua, ya que esta especie presenta una gran superficie transpirante. Al reducir la transpiración se disminuye el proceso de transporte de agua, de fotosíntesis y de respiración y en consecuencia disminuye la actividad microbiana. Para el caso de este estudio, parece ser que los clones

manifestaron mayor intensidad en el mecanismo de resistencia durante el periodo comprendido entre julio y agosto. Para el segundo periodo (octubre y noviembre) este mecanismo se rompe con el aumento de las lluvias para satisfacción de sus necesidades hídricas y como efecto se potencializa la actividad radical y microbiana. Estos resultados son corroborados por García et al (2010), quienes encontraron incrementos de respiración y BM desde la época seca (enero-febrero, 2010) hasta la lluviosa (abril-mayo, 2010) para el Clon Hartón 118.2% y para el Dominico Hartón de 69.65%.

En la figura 6, se observa que la tendencia de la BM es incrementar al pasar de época seca a lluviosa como ocurrió con la respiración. Comparando los resultados de los suelos con cobertura entre los meses de agosto ( $41,4 \mu\text{gC g}^{-1}$  época seca) y noviembre ( $1075,0 \mu\text{gC g}^{-1}$  época lluviosa) se encontró un incremento de 2494,8%, y en los suelos sin cobertura, la BM se incrementó en 1641,2%, entre agosto ( $45,5 \mu\text{gC g}^{-1}$ ) y noviembre ( $791,9 \mu\text{gC g}^{-1}$ ). Cabe destacar que el mayor incremento de BM ocurrió entre los muestreos de octubre y noviembre, tanto en suelos sin cobertura como con cobertura (prueba de t,  $\alpha = 0.05$ ).

Los resultados de la BM contenida en los suelos evidencian una relación directa con las condiciones climáticas. Cuando la humedad del suelo disminuye (época seca) por procesos de evaporación, las películas de agua se hacen más delgadas y menos disponibles causando disminución en las poblaciones microbianas por efecto de las relaciones osmóticas resultantes; por el contrario con el aumento de las precipitaciones la mayor humedad en el suelo causa un incremento de la actividad fisiológica de la planta, aumentando la liberación de exudados radicales y en consecuencia las comunidades microbianas (Wild, 1992 citado por Julaca 2006). Anderson (1993), apoya también lo anterior cuando menciona que los resultados de la BM se ven influenciados por factores climáticos como precipitación y evaporación.

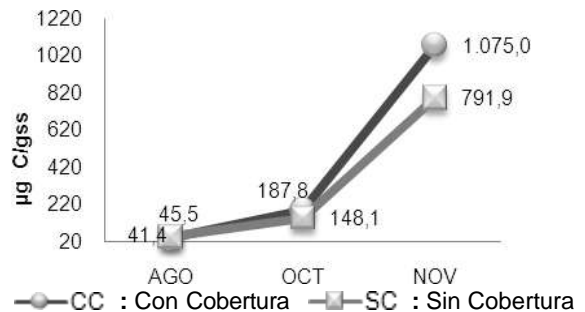
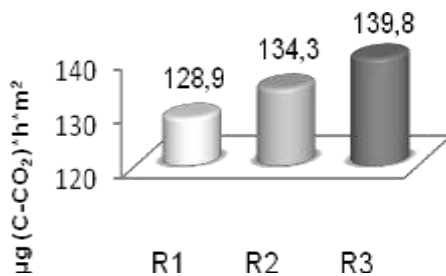


Figura 6. Valores promedio de la biomasa microbiana ( $\mu\text{gC/gss}$ ), en suelos bajo cultivos de plátano manejados sin y con cobertura.

## RELACIÓN CON EL PERÍMETRO DEL PSEUDOTALLO

**Actividad biológica.** En la gráfica 7, se ilustra el comportamiento de la respiración relacionada con el perímetro de las plantas, donde se observa mayor actividad en la zona de rizosfera de las plantas con mayor perímetro, por tanto en plantas R3 ocurrió mayor respiración con  $139,8 \mu\text{g}(\text{C}-\text{CO}_2) \text{ h}^{-1}\text{m}^{-2}$ , seguido por las plantas R2 con  $134,3 \mu\text{g}(\text{C}-\text{CO}_2) \text{ h}^{-1}\text{m}^{-2}$ , detectándose diferencias de 8,5% y 4,2% respectivamente frente a plantas de menor perímetro (R1). Diferencias que fueron corroboradas mediante prueba de t ( $\alpha = 0.05$ ).



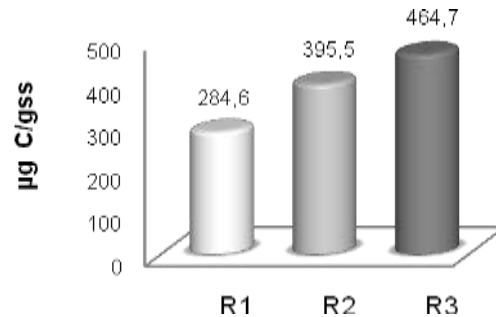
R1(0.32 a 0.46 m), R2(0.47 a 0.61 m) y R3 (0.62 a 0.76m)

**Figura 7.** Promedios de respiración ( $\mu\text{gC}-\text{CO}_2 \text{ h}^{-1}\text{m}^{-2}$ ) en zona de rizosfera de plátano y su relación con el perímetro del pseudotallo

La relación entre la respiración en zona de rizosfera y el perímetro de la planta de plátano, puede explicarse porque cuando la planta expresa mayor desarrollo y diámetro, incrementa la fotosíntesis, la transpiración y aumenta la demanda de agua y nutrientes, en consecuencia hay mayor gasto y consumo de energía, incrementando la respiración, la actividad radical y la liberación de exudados (Azcón- Bleto y Talón, 2000; Marschner, citado por Paz y Sánchez (2006) cuya composición, variedad y cantidad dependen en gran parte de la misma planta, los cuales pueden variar dependiendo de la genética, la edad, la nutrición y el desarrollo de la misma (Guitian y Bardgett, 2000 citados por Mosquera, 2001).

**Biomasa microbiana.** La gráfica 8, indica que los promedios de la BM fueron mayores en plantas con más perímetro de tallo. Las plantas R3 presentaron  $464,7 \mu\text{gC g}^{-1}$  de BM seguidas de las plantas R2 con  $395,5 \mu\text{gC g}^{-1}$  y las R1 con  $284,6 \mu\text{gC g}^{-1}$ ; con diferencias significativas (prueba de t,  $\alpha = 0.05$ ), de 63,3% y 39,0% respectivamente frente a las plantas R1.

Los incrementos de BM en la rizosfera respecto al diámetro de la planta puede relacionarse con el incremento de la actividad fisiológica, expresada en la mayor actividad radical y la mayor respiración, lo que pudo conducir a liberación de exudados, mucilagos y lisados (sustancias nutritivas para microorganismos) generando un aumento en las poblaciones microbianas. (Siqueira y Franco, 1988, basados en Hale y Moore, 1979; Cardoso y Freitas, 1992, citados por Sánchez; 2006 y Paz et al., 2006, y García et al., 2010). La liberación de mucilagos ocurre cuando la raíz abre camino a través del suelo y las partículas minerales desgarran las células, ruptura que permite al mucilago fluir en la rizosfera favoreciendo el desarrollo de las poblaciones microbianas (García et al., 2010).



R1.(0.32 a 0.46 m), R2 (0.47 a 0.61 m) y R3 (0.62 a 0.76 m)

**Figura 8.** Promedio de la biomasa microbiana ( $\mu\text{gC g}^{-1}$ ) en suelos bajo plantas de plátano de diferentes perímetros

El incremento en el contenido de BM en el suelo tuvo relación directa con la presencia de lluvia y el perímetro del pseudotallo de la planta, puesto que, la necesidad de agua depende del estado y desarrollo, por tanto, entre mas perímetro de tallo mayor será la tasa de absorción de agua y de transpiración, en consecuencia incrementará la actividad radical (liberación de rizodepositados) y la respiración favoreciendo las condiciones para el aumento de las poblaciones microbianas (García et al., 2010).

## CONCLUSIONES

Los cambios de clima dados en los meses evaluados permitieron establecer que a medida que aumenta el volumen de lluvias aumenta la respiración y la biomasa microbiana en zona de la rizosfera de plantas de plátano.

El manejo de la cobertura vegetal a partir de residuos de cosecha de plátano, evaluada en los clones Hartón y Dominico Hartón, permitió establecer que la actividad biológica y biomasa microbiana de los suelos incrementó debido posiblemente al mayor control de temperatura, mayor conservación de humedad y mayor cantidad de compuestos energéticos necesarios para la biota del suelo.

Se encontró que tanto la respiración como la biomasa microbiana presente en zona de rizosfera se relacionaron con el perímetro del pseudotallo de plátano, indicando que a mayor perímetro, mayor fue la expresión de las variables evaluadas.

Se debe tener en cuenta el momento de hacer aportes de materia orgánica al suelo, puesto que su mineralización depende de la condición climática, la actividad microbiana y el estado del cultivo.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a: La Universidad del Cauca por el apoyo logístico y al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, por la ayuda financiera que permitió adelantar esta investigación en el marco del proyecto "Desarrollo de un empaque activo para plátano a partir de almidón modificado de yuca y capsaicina por extrusión soplado"

#### BIBLIOGRAFÍA

ANDERSON, J., (1993). Tropical soil biology and fertility handbook of methods. CAB International, Wallingford, UK. 9 70-90

ACUÑA, O., PEÑA, W., SERRANO, E. (2006). La importancia de los microorganismos en la calidad y salud de suelos. Centro de investigaciones agronómicas. Universidad de Costa Rica. En XVII Reunião Internacional da Associação para Cooperação nas Pesquisas sobre Banana no Caribe e na América Tropical. Santa Catarina – Brasil.

AMEZQUITA, E., (1994). Residuos orgánicos superficiales (MULCH), su importancia en el manejo de los suelos. Congreso de la sociedad Colombiana de Ciencias del Suelo. Bucaramanga. 198p.

ANDERSON, J., (1993). Tropical soil biology and fertility handbook of methods. CAB International, Wallingford, UK. 9 70-90

AZCON-BIETO, TALON. (2000) Fundamentos de Fisiología Vegetal. Madrid, España: McGraw Hill. 522p.

BOLAÑOS, M., MORALES, H., CELIS, L. (2003). Fertilización (orgánica-química) y producción de Dominico-Hartón. Infomusa. 12(1):38-41.

FERRERA, R., PÉREZ, J. (1995). Agromicrobiología, elemento útil en la agricultura sustentable. Colegio de posgraduados en ciencias agrícolas, Montecillo, México. p. 48-49.

GARCIA, A., MESA N., PAZ, I. (2010). Caracterización de la dinámica microbiana, en dos cultivares de plátano (Hartón y Dominico Hartón) ubicados en la vereda de Urubamba, Municipio de Timbío (Cauca).

GOWEN, S. R., (1993). Yield losses caused by nematodes on different banana varieties and some management techniques appropriate for farmers in Africa. In memories of the reunion "Proceedings of a research coordination meeting", IITA, Benin, 1991.

HEAL, O.; ANDERSON, J.; SWIFT, M. (1997). Plant litter quality and decomposition: an historical overview *In*: Giller, K.; Cádish, G.; (Eds) Driven by Nature. CABI, Wallingford. pp 3-30.

JULACA, A., MENESES, L., BLAS, R., BELLO, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. IDESIA Chile.

KONONOVA, M. (1982). Materia orgánica del suelo: su naturaleza propiedades y métodos de investigación. 1 Edición en español. Barcelona. España. Edic. Oikos-Tau, S.A. 365 p.

MOSQUERA, E., (2001). Población de hongos y bacterias asociadas a la rizosfera de las plantas recuperadoras de suelos erosionados en Puerto Rico. Facultad de Agricultura. Universidad de Puerto Rico.

NEHER, D.; BARBERCHECK, M.; EL- ALLAF, S.; ANAS, O. (2003). Effects of disturbance and ecosystem on decomposition. *Appl Soil Ecol.* 23: 165 - 179.

OIRSA. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. (2005). Manual técnico de buenas prácticas de cultivo en café orgánico, El Salvador: OIRSA, p 84.

QUEZADA C., E., (1999). Uso de abonos orgánicos como supresores de fitonemátodos del cultivo de banano (Musa AAA). Trabajo de grado, Licenciatura en Ingeniería Agronómica. Escuela de Agricultura de la región tropical húmeda. Guácimo, Costa Rica.

PARTON, W., SCHIMEL, O., COLE, C., OJIMA, D. (1987). Analysis of factors controlling soil organic matter levels in grand plains grasslands. *Soil Science Society of American Journal* 51: 1173 - 1179.

PAZ I, SANCHEZ M, y SADEGHIAN S., 2006. Relación entre las propiedades del suelo, el

- sistema de sombrero en café tecnificado, la calidad del grano y bebida en la meseta de Popayán. Maestría en ciencias agrarias con énfasis en suelos. Palmira: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de ciencias Básicas. 86p.
- PAZ, I. (2007). Relación entre la longitud de micelio externo de hongos micorrízico y algunas propiedades del suelo bajo dos sistemas de sombrero en café, meseta de Popayán, Colombia. *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. Vol. 5, No1. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNICAUCA.
- PAZUELO, J., BERMÚDEZ, M., NAYA, F. (2005). Estudio de grupos funcionales de microorganismos edáficos en la rizosfera de *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. España: Universidad Complutense de Madrid.
- ROBINSON J. C, J.-P. BOWER. (1988). Transpiration characteristics of banana leaves (cv. "Williams") in response to progressive depletion of available soil moisture. Pp. 53-65 in *Memorias de la IV reunión sobre agrofisiología del banano*. (J.A.Guzmán, R. Romero, eds.). ASBANA, Costa Rica.
- SINGER, M., MUNNS, D. (1996). *Soils*. An introduction. Third edition. Prentice- Hall, Inc. New Jersey. 480 p.
- SPARLING, G. (1992). Ratio of Microbial Biomass Carbon to Soil Organic Carbon as a Sensitive Indicator of Changes in Soil Organic Matter. *Aust. J. Soil Res.*, 30: 195-207
- SIQUEIRA, J., FRANCO, A. (1998). *Biotecnología del suelo*. Brasilia: MEC Ministerio de Educación, ABEAS, Lavras. 236p.
- SWISHER, E. (1999). *Manual para los estudios de campo*. Módulo 1. La Ecología de la parcela. Florida. Universidad de la Florida, 83 p.
- WILD, A. (1992). *Condición del suelo y desarrollo de las plantas según Russell*. Madrid: Mundi- Prensa. 1.045 p.
- WOOMER, P., MARTIN, A., RESCK, D., SCHARPENSEEL, H. (1994). The importance and management of soil organic matter in the tropics. In: Woomer, P.; Swift, M.(eds). *The biological management of tropical soil fertility*. Wiley, Chichester. pp 47-79

