

RELACIÓN ENTRE EL VIGOR DE PLANTAS DE BANANO Y LA ACTIVIDAD MICROBIANA EN SUELOS DE UN SECTOR DE LA CEIBA, ESTADO TRUJILLO

¹González-Pedraza, Ana, ²Juan Caros Rey, ²Gustavo Martínez, ³Deyanira Lobo, ³Gustavo Rodríguez, ²Eduardo Delgado.

¹Universidad Nacional Experimental Sur del Lago “Jesús María Semprum” (UNESUR). Santa Bárbara de Zulia, Venezuela. e-mail: gonzalezan@unesur.edu.ve; ²Instituto Nacional Investigaciones Agrícolas (INIA-CENIAP). e-mail: jcrey@inia.gob.ve. ³Universidad Central de Venezuela.

RESUMEN

Se evaluó la relación entre la productividad del banano (*Musa AAA*) y algunas propiedades biológicas en suelos aluviales del sector La Ceiba, estado Trujillo. Se seleccionaron fincas con lotes de alta y baja productividad (AP y BP) según el perímetro del pseudotallo a un metro de altura de la planta madre, altura del hijo y número de manos. En cada lote se seleccionaron 8 parcelas de 1000 m² y se tomaron muestras de suelo compuestas de 0-20 cm de profundidad. Se determinó: materia orgánica total (%MOT), carbono y nitrógeno microbianos (Cmic y Nmic), respiración del suelo (C-CO₂), cociente microbiano (Cmi/COT) y metabólico (qCO₂). La productividad del banano estuvo poco afectada por los procesos microbianos del suelo debido a que no hubo relación con los parámetros biológicos evaluados, con excepción del Nmic quien resultó mayor (p<0,05) en BP. Esto pareciera indicar una inmovilización del N asociada a condiciones de estrés.

Palabras clave: materia orgánica total, carbono y nitrógeno microbiano, respiración del suelo, vigor de plantas de banano.

INTRODUCCIÓN

El funcionamiento de los suelos depende en gran medida del papel que juegan los microorganismos en mantener la fertilidad y ciclaje de nutrientes en los ecosistemas. La biomasa microbiana es el componente más activo del suelo (McGill *et al.*, 1986), generalmente comprende entre el 1 y el 5 % del carbono total y hasta el 5% del nitrógeno total en los suelos (Alef y Nannipieri, 1995). La relación entre el carbono de la biomasa microbiana (Cmic) y el carbono orgánico total (Cmic/COT), también denominada cociente microbiano del suelo, es un indicador del carbono asociado a la fracción viva de la materia orgánica del suelo y permite monitorizar los cambios en la materia orgánica (Insam *et al.*, 1989). Por otro lado, la respiración del suelo (C-CO₂) es un indicador que mide la actividad microbiana y los cambios en la calidad biológica del suelo (Anderson y Domsch, 1989a, Insam *et al.*, 1989). Las Musáceas constituyen un producto básico de exportación que aportan una importante fuente de empleo e ingresos en numerosos países en desarrollo (INIBAP, 2004). Sin embargo, la aplicación de técnicas e insumos de alto costo y el uso intensivo de agroquímicos producen efectos importantes en la calidad biológica de los suelos y por ende en la productividad y rendimiento del cultivo (Jangid *et al.*, 2008). En ese sentido el objetivo de este trabajo fue evaluar la relación entre la productividad del banano y algunas propiedades biológicas en suelos aluviales del sector La Ceiba, estado Trujillo, a fin de proponer prácticas de manejo que mejoren la actividad biológica de los suelos y en consecuencia el rendimiento del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las fincas Banaoro y Kambuca ubicadas en la región Sur-Oriental del Lago de Maracaibo (La Ceiba, estado Trujillo). Esta zona se caracteriza por poseer suelos de origen aluvial relativamente fértiles (Ramírez, 2009). En las fincas seleccionadas se separaron lotes por productividad del cultivo de banano `Gran Nain´: Alta productividad (AP) y baja productividad (BP). En cada lote se seleccionaron ocho parcelas representativas de 1000 m² (cuatro por finca) donde se determinó el vigor del cultivo basado en el perímetro del pseudotallo (cm) a un metro de altura de la planta madre, altura del hijo (cm) y número de manos en 20 plantas con racimos entre 10 y 13 semanas (Serrano *et al.*, 2006). En cada parcela se tomaron muestras compuestas (10 submuestras) de suelo en los primeros 20 cm de profundidad y se les determinó la materia orgánica total (MOT) siguiendo el método de digestión húmeda de Walkley y Black (1934), el carbono en la biomasa microbiana (Cmic) del suelo mediante el método de fumigación- extracción donde se provoca la muerte de la microbiota del suelo con cloroformo (Vance *et al.*, 1987, Alef y Nannipieri, 1995). El nitrógeno asociado a la biomasa microbiana (Nmic) se determinó por el método Kjeldahl modificado utilizando un equipo de destilación *Pregl-Parnas* en los extractos de suelo obtenidos para la determinación del Cmic (Brookes *et al.*, 1985). La respiración del suelo se determinó por el método colorimétrico de incubaciones estáticas de Alef (1995), mediante el cual se mide el desprendimiento de CO₂ por la actividad microbiana del suelo durante 10 días de incubación, bajo condiciones controladas en el laboratorio y siguiendo una cinética de primer orden (Stanford y Smith 1972). Adicionalmente se determinó el cociente microbiano (Cmic/COT) y el cociente metabólico (C-CO₂/Cmic) en los suelos (Anderson y Domsch 1989a). Se aplicó un análisis de la varianza de una vía (ANOVA). Cuando éste resultó significativo se aplicó una prueba de comparaciones múltiples de media de Tukey. Para ello se utilizó el programa Statistica 6.0 (Statistica, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 1, se encontró que tanto el perímetro del pseudotallo (cm), la altura del hijo (cm), el número de manos por racimo y el peso del racimo (kg) fueron más altos en AP que en BP, mientras que el número de plantas por hectárea fue mayor en BP (Tabla 1). Por otro lado, no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en las propiedades físicas y químicas entre los suelos de los lotes de alta y baja productividad (Tabla 2).

Tabla 1. Selección de los lotes por productividad en las fincas Banaoro y Kambuca

Parámetro	Lotes	
	AP	BP
Perímetro del pseudotallo (cm)	86,18 ^a	64,4 ^b
Altura del hijo (cm)	209 ^a	164 ^b
Nº de manos/racimo	12,34 ^a	8,11 ^b
Peso racimo (kg)	43 ^a	32 ^b
Población (plantas/ha)	1520 ^a	1742 ^b

Tabla 2. Características físicas y químicas de los suelos en lotes con alta y baja productividad de banano en las fincas Banaoro y Kambuca.

Variables	Lotes	
	AP	BP
pH	7,96±0,39 ^a	8,08±0,40 ^a
MOT (%)	3,04±0,54 ^a	2,53±0,85 ^a
Arena (%)	20,57±4,94 ^a	21,10±15,39 ^a
Arcilla (%)	16,20±5,99 ^a	19,79±8,36 ^a
Limo (%)	63,23±2,50 ^a	59,10±9,01 ^a
Da (g/cm ³)	1,34±0,12 ^a	1,43±0,12 ^a

Valores promedios ± desviación estándar acompañados por letras minúsculas distintas indican diferencias (p<0,05) entre lotes de alta productividad (AP) y baja productividad (BP). MOT= Materia orgánica; Da= densidad aparente.

Carbono y nitrógeno microbianos: El análisis de varianza no mostró diferencias significativas (p>0,05) en el Cmic entre AP y BP (Figura 1). Por otro lado, el Nmic resultó estadísticamente superior (p<0,05) en BP con respecto a AP (Figura 2).

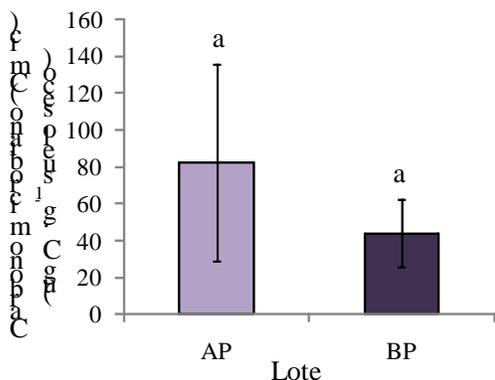


Figura 1. Carbono microbiano (Cmic) en suelos de lotes de alta y baja productividad

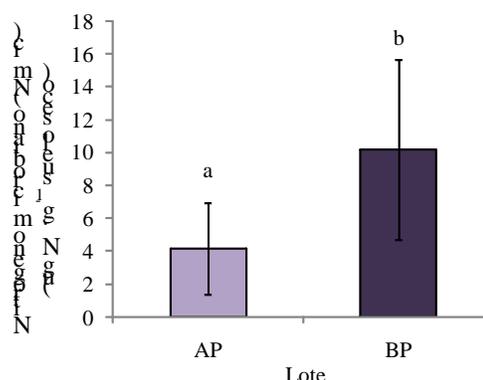


Figura 2. Nitrógeno microbiano (Nmic) en suelos de lotes de alta y baja productividad

Valores promedios ± desviación estándar acompañados por letras minúsculas distintas indican diferencias (p<0,05) entre lotes de alta productividad (AP) y baja productividad (BP).

Los niveles de Cmic en los suelos a menudo están relacionados con la calidad y cantidad de la materia orgánica (MO) disponible (Powelson *et al.*, 1987). Los valores de Cmic encontrados en AP y BP están por debajo a los reportados para otros suelos tropicales cultivados (Sánchez *et al.*, 2006, Armado *et al.* 2009). Por lo tanto, pudiera estar indicando la presencia de una MO poco lábil para los microorganismos del suelo (Chen *et al.*, 2004). Con respecto al Nmic, la mayor concentración encontrada en BP pareciera indicar una

inmovilización del N del suelo como respuesta del suelo y las plantas a condiciones de estrés (menor calidad y disponibilidad de sustrato).

Respiración del suelo: De acuerdo con los resultados presentados en la Figura 3, no se encontraron diferencias significativas en el C-CO₂ entre AP y BP.

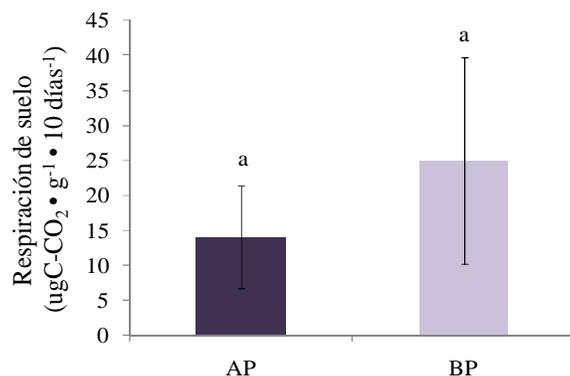


Figura 3. Respiración del suelo en lotes de alta y baja productividad.

Valores promedios ± desviación estándar acompañados por letras minúsculas distintas indican diferencias ($p < 0,05$) entre lotes de alta productividad (AP) y baja productividad (BP).

La respiración del suelo es un parámetro comúnmente utilizado para medir la calidad biológica del suelo. Valores altos de respiración a menudo están asociados con condiciones de estrés y menor eficiencia de los microorganismos. Sin embargo, en este estudio, los valores para producción de C-CO₂ son muy bajos comparados incluso con los de otros suelos agrícolas venezolanos (García y Rivero, 2008). Por otro lado, la respiración del suelo permite establecer diferencias estructurales y fisiológicas de las comunidades microbianas en los suelos y de la calidad de la materia orgánica (Anderson y Domsch, 1989 a y b).

Cociente microbiano y metabólico: En las figuras 4 y 5 se muestran los cocientes microbiano y metabólico de los suelos. El análisis estadístico no detectó diferencias en estos parámetros.

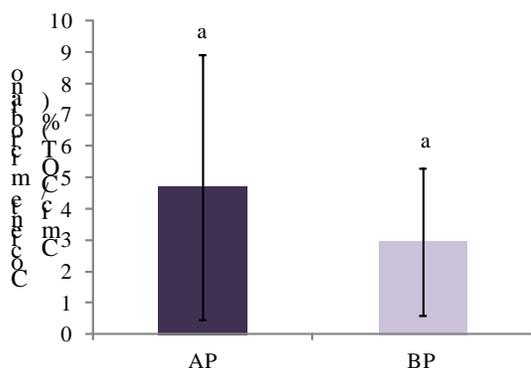


Figura 4. Cociente microbiano Cmic/COT (%) en suelos de lotes de alta y baja productividad

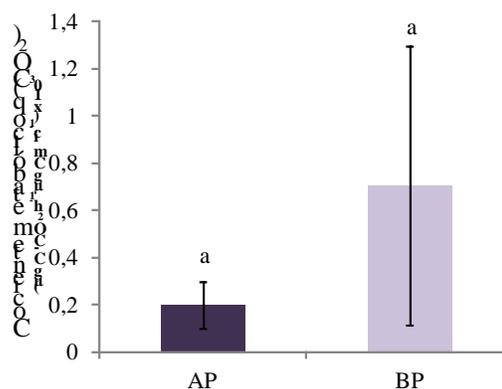


Figura 5. Cociente metabólico q(CO₂) en suelos de lotes de alta y baja productividad

Valores promedios ± desviación estándar acompañados por letras minúsculas distintas indican diferencias ($p < 0,05$) entre lotes de alta productividad (AP) y baja productividad (BP).

Los datos de C_{mic}/COT son similares a los reportados por la literatura para suelos cultivados (Sparling, 1992). Esta relación es conocida como cociente microbiano y representa el C asociado a la fracción viva de la materia orgánica. Este cociente ha sido propuesto como un indicador sensible de los cambios en la materia orgánica del suelo y proporciona una idea de los niveles y calidad de ésta, así como el estado de degradación de los suelos. (Hart *et al.*, 1989). Una disminución en la relación C_{mic}/COT estaría indicando pérdidas del C del suelo asociadas a una menor eficiencia en la utilización del sustrato por parte de los microorganismos (Anderson y Domsch, 1989b).

Por otro lado, los valores de qCO_2 están por debajo a los reportados en otros estudios (Sánchez *et al.*, 2006). Este parámetro permite diagnosticar la eficiencia de la biomasa microbiana en la utilización del carbono del suelo en términos de gasto en respiración ($C-CO_2$) (Anderson y Domsch, 1989a y b). En este estudio, aunque estadísticamente no se refleje, los datos de qCO_2 evidentemente señalan una tendencia a un mayor gasto de C en respiración en BP. De acuerdo con la literatura, el qCO_2 tiende a ser alto en ecosistemas sometidos a un nivel alto de estrés fisiológico (perturbadas), donde los organismos tienen que gastar una gran cantidad de energía por unidad de biomasa, mientras que un qCO_2 bajo ha sido relacionado con una mayor eficiencia microbiana (Sparling *et al.*, 1994).

CONCLUSIONES

No se encontraron diferencias estadísticas en el %MOT, C_{mic} , $C-CO_2$, relación C_{mic}/COT y qCO_2 entre lotes. Sólo se observaron diferencias significativas para el N_{mic} cuando se compararon lotes de banano de alta y baja productividad, siendo mayores los valores en estos últimos. En tal sentido, la productividad del banano es poco afectada por los procesos biológicos del suelo. El hecho de no haberse encontrado diferencias significativas en los parámetros biológicos evaluados, puede deberse a la forma como se realizó el muestreo. Al tomar muestras de los primeros 20 cm, se pueden estar enmascarando las diferencias entre los suelos de alta y baja productividad, debido a que la actividad de los microorganismos ocurre en mayor extensión en la parte más superficial del suelo (0 a 5 cm) y disminuye con la profundidad. En este sentido, se recomienda para próximos estudios tomar muestras más superficiales.

REFERENCIAS

- ALEF, K. (1995). Soil respiration. Pp. 214-219. In: Alef K. and Nannipieri, P. (Eds). *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Academic Press. Londo, Great Britain. 576 pp.
- ALEF, K. y NANNIPIERI, P. (1995). Microbial biomass. In: Alef K. and Nannipieri, P. (Eds). *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Academic Press. London, Great Britain. 576 pp.
- ANDERSON, T. H. y DOMSCH, K. H. (1989a). Application of eco-physiological quotients (qCO_2 and qD) on microbial biomass from soils of different cropping histories. *Soil Biology and Biochemistry* 22: 251-255.
- ANDERSON, T. y DOMSCH, K. (1989b). Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil Biol. Bioch.* 21: 471-479.
- ARMADO M.A.J. , CONTRERAS, F. y GARCÍA P. L. (2009). Fraccionamiento químico de carbono orgánico y su relación con la actividad microbiológica, biomasa

- microbiana y cantidad de ADN en suelos cacaoteros venezolanos. Rev. Soc. Quím. Perú. 75 (1): 44-53.
- BROOKES, P. C., LANDMAN, A., PRUDEN, G. y JENKINSON, D. S. (1985). Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 17: 837-842.
- CHEN, C. R., CONDRON, L. M., DAVIS, M. R. y SHERLOCK, R. R. (2004). Effects of plant species on microbial biomass phosphorus and phosphatase activity in a range of grassland soils. *Biology and Fertility of Soils* 40: 313-322.
- GARCÍA, A. y RIVERO, C. (2008). Evaluación del carbono microbiano y la respiración basal en respuesta a la aplicación de lodo papelerero en dos suelos de la Cuenca del Lago de Valencia, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 34: 215-229. 2008
- HART, P. B., AUGUST, J. A. y WEST, A. W. (1989). Long term consequences of topsoil mining on select biological and physical characteristics of two New Zealand loessial soils under grazed pasture. *Land Degrad Rehabil.* 1: 77-88.
- INIBAP (2004). (Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano). Innovaciones Tecnológicas para el Manejo y Mejoramiento de la Calidad y Salud de Suelos Bananeros de América Latina y el Caribe. Proyecto presentado al Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO). San José, Costa Rica. 36p.
- INSAM, H., PARKINSON, D. Y DOMSCH, K. H. (1989). Influence of macroclimate on soil microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry* 21: 211-221.
- JANGID, K., WILLIAMS, M., FRANZLUEBBERS, A., SANDERLIN, J., REEVES, J., JENKINS, M., ENDALE, D., COLEMAN, D. y WHITMAN, W. 2008. Relative impacts of land-use, management intensity and fertilization upon soil microbial community structure in agricultural systems. *Soil Biology and Biochemistry* 40: 2843-2853.
- MCGILL, W. B., CANNON, K. R., ROBERTSON, J. A. Y COOK, F. D. (1986). Dynamics of soil microbial biomass and water-soluble organic C in Breton L after 50 years of cropping to two rotations. *Can. J. Soil Sci.* 66: 1-9.
- POWLSON, D., BROOKES, P. y CHRISTENSEN, B. (1987). Measurement o soil microbial biomass provides in early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil Biol. Bioch.* 19: 159-164.
- RAMÍREZ, H. (2009). Relación entre la productividad del banano (*Musa AAA*) y las propiedades físicas y químicas de suelos aluviales en el municipio la Ceiba, estado Trujillo-Venezuela. Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Agronómica. Ibagué -Colombia. 144p.
- SÁNCHEZ DE PRAGER, M., ROJAS, A., PÉREZ, J., ZÚÑIGA, O. y GASCÓ, J. M. (2006). Actividad y biomasa microbianas como indicadores de materia orgánica en sistemas de cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*) en Toro, Valle del Cauca, Colombia. *Acta Agron (Colombia)*. 55(4): 7-12.
- SERRANO, E., SANDOVAL, J., POCASANGRE, L., ROSALES, F. y DELGADO, E. (2006). Importancia de los indicadores físico-químicos en la calidad del suelo para la producción sustentable del banano en Costa Rica. XVII Reunião Internacional da Associação para a Cooperação nas Pesquisas sobre Banana no Caribe e na América Tropical. Joinville, Santa Catarina. Brasil. Pp 207-221.

- 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
- SPARLING, G. P., HART, P. B. S., AUGUST, J. A. y LESLIE, D. M. (1994). A comparison of soil and microbial carbon, nitrogen, and phosphorus contents, and macro-aggregate stability of a soil under native forest and after clearance for pastures and plantation forest. *Biol. Fertil Soils* 17: 91-100.
- STANFORD, G. y SMITH, S. J. (1972). Nitrogen mineralization potentials of soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 36: 465-472.
- STATISTICA (2001). *Basic Statistical Analysis Methods*. Versión 6.0. StatSoft, Tulsa, OK.
- VANCE, E., BROOKES, P. C. Y JENKINSON, D. S. (1987). An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry* 22: 999-1000.
- VISSER, S. y PARKINSON, D. (1992). Soil biological criteria as indicators of soil quality: Soil microorganisms. *Am. J. Internat. Agric.* 7(1/2): 33-37.
- WALKLEY, A. y BLACK, A. (1934). An examination of the digestion method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38.