

# ESTIMULACIÓN CON CAMPO ELECTROMAGNÉTICO VARIABLE DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS APLICADOS A LA CACHAZA PARA MEJORAR SU USO COMO BIOFERTILIZANTE

## ESTIMULATION WITH A VARIABLE ELECTROMAGNETIC FIELD OF BENEFICIAL MICROORGANISMS APPLIED TO SUGARCANE BAGASSE TO ENHANCE THEIR USE AS BIOFERTILIZER

## ESTIMULAÇÃO COM VARIÁVEL DO CAMPO ELETROMAGNÉTICO BENÉFICOS UTILIZADOS MICROORGANISMOS PARA MELHORAR O CACHAÇA USE COMO BIOFERTILIZANTES

ORLANDO ZÚÑIGA E.<sup>1</sup>, RAMIRO CUERO G.<sup>2</sup>, JULIÁN ANDRES PEÑA O.<sup>3</sup>

### RESUMEN

Con el objetivo de acelerar la acción dinámica de los microorganismos benéficos estimulándolos electromagnéticamente para descomponer las moléculas complejas del material orgánico de la cachaza (subproducto de la caña de azúcar *Saccharum officinarum* L.) a sustancias más simples, facilitando la absorción de elementos hacia la planta, se evaluó la eficiencia productiva y el grado de descomposición orgánica

---

**Recibido para evaluación:** 31/4/11. **Aprobado para publicación:** 17/08/2011

- 1 Ph.D. en Edafología. Grupo de Investigación en Ciencias Ambientales y de la Tierra ILAMA, Universidad del Valle. orlando.zuniga@correounivalle.edu.co. AA 25360. Cali, Colombia.
- 2 Magíster en Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Grupo de Investigación en Ciencias Ambientales y de la Tierra ILAMA, Universidad del Valle. racuerog@univalle.edu.co. AA 25360. Cali, Colombia.
- 3 Ingeniero Agrícola. Grupo de Investigación en Ciencias Ambientales y de la Tierra ILAMA, Universidad del Valle. AA 25360. Cali, Colombia.

**Correspondencia:** juliano@univalle.edu.co

de los siguientes tratamientos: cachaza fresca sin microorganismos (F), cachaza fresca con microorganismos no estimulados electromagnéticamente (FM), cachaza fresca con microorganismos estimulados electromagnéticamente (FME) y cachaza madura sin microorganismos (C), se optimizó la configuración del equipo de estimulación electromagnética obteniéndose como mejor tratamiento el (FME) con 1 hora en tiempo de exposición de los microorganismos al campo electromagnético, de 250 Hz en frecuencia, y 15 mT de magnitud del campo electromagnético, el cual aceleró el proceso natural de descomposición orgánica en un 49,1% de la cachaza fresca al aproximarla al grado de mineralización de la cachaza madura, lo cual mostró la efectividad de la técnica electromagnética.

## ABSTRACT

In order to accelerate the dynamic action of the beneficial microorganisms stimulating them electromagnetically to decompose the complex molecules of the organic material in the sugarcane bagasse (sugar cane subproduct *Saccharum officinarum* L.) to more simple substances making easy the absorption of elements to the plant, it was evaluated the productive efficiency and the organic decomposition level of the following treatments: fresh blackstrap without microorganisms (F), fresh blackstrap with microorganisms not stimulated electromagnetically (FM), fresh blackstrap with microorganisms stimulated electromagnetically (FME), and mature blackstrap without microorganisms (C); it was optimized the configuration of the electromagnetic stimulation equipment getting as the best treatment the (FME) with one hour as an exposition time of the microorganisms to the electromagnetic field, of 250 Hz of frequency and 15 mT of magnitude of the electromagnetic field which accelerated the natural process of organic decomposition in a 49,1% of the fresh blackstrap when getting it closer to the mineralization level of the mature blackstrap which shows the effectiveness of the electromagnetic technique.

## RESUMO

A fim de acelerar a ação dinâmica de estimulação eletromagnética microorganismos benéficos para quebrar moléculas complexas de matéria orgânica da torta (subproduto da cana-de-açúcar *Saccharum officinarum* L.) a substâncias mais simples, facilitando a absorção da planta para, avaliou a eficiência da produção e do grau de decomposição orgânica dos seguintes tratamentos: rum fresco sem microorganismos (F), o rum fresco eletromagneticamente estimulados com microorganismos (FM), rum fresco com microorganismos estimulada eletromagnéticos (FME) e maduros sem microorganismos rum (C) foi otimizado configurações equipamentos de estimulação eletromagnética melhor tratamento obtido como (FME), com 1 hora de tempo de exposição dos microorganismos ao campo eletromagnético de frequência de 250 Hz e 15 mT de magnitude do campo eletromagnético o que acelerou o processo natural de decomposição orgânica em 49,1% do rum doce de aproximar o grau de mineralização de rum maduro, que demonstra a eficácia da tecnologia eletromagnética.

## PALABRAS CLAVES:

Técnica Electromagnética, Agricultura Orgánica, Actividad Microbiana, Descomposición Orgánica.

## KEY WORDS:

Electromagnetic Technique, Organic Agriculture, Microbial Activity, Organic Decomposition.

## PALAVRAS-CHAVE:

Tecnologia Eletromagnética, Agricultura Orgânica, A Atividade Microbiana, Decomposição Orgânica.

## INTRODUCCIÓN

La cachaza (subproducto de la caña de azúcar *Saccharum officinarum* L.) es un material marrón oscuro, constituido por una mezcla de fibra de caña, sacarosa, coloides, coagulados, incluyendo la cera, fosfato de calcio y partículas de suelo [1], producida a una tasa de 3 t húmedas por cada 100 t de caña molida [2]. La cachaza tiene alto contenido de materia orgánica y presenta potencial como acondicionador de suelos, ya que aporta cantidades altas de humus [3,4] y masa microbial [5] necesarias para mantener la fertilidad de suelos en zonas tropicales y subtropicales, también se ha encontrado que afecta la salinidad [6], corrige acidez del suelo y principalmente, presenta alto potencial como mejorador de las propiedades físicas del suelo [2]. Por estas razones, en diversas regiones cañeras del mundo, la cachaza se ha utilizado en la fertilización del cultivo de caña con resultados prometedores y los incrementos en el rendimiento de caña son debidos a los cambios favorables en las propiedades físicas y químicas del suelo [7].

La cachaza es un residuo muy abundante, y por su composición química y precio relativamente bajo es atractiva frente a otros productos orgánicos usados en la agricultura. Una limitante para su uso masivo ha sido la cantidad que se tiene que aplicar para satisfacer la demanda de nutrientes del cultivo (hasta 180 toneladas por hectárea), que trae como consecuencia dificultades del manejo y de costo durante su transporte y la aplicación de la cachaza [8], además, genera mal olor y, en muchas ocasiones, funciona como un foco de infección y un riesgo para la conservación del ambiente [9]. Por ello no es totalmente aprovechada y se presentan dificultades para su eliminación.

La incorporación de cachaza fresca al suelo causa daños a las plantas, debido a que al inicio del proceso de descomposición se liberan fitotoxinas, aumenta la temperatura, disminuye la concentración de oxígeno y la biodisponibilidad del nitrógeno [10].

Es posible convertir los residuos orgánicos de la cachaza en biofertilizantes de excelente calidad agrícola mediante la técnica de compostaje. Si se controlan adecuadamente los factores de compostaje, se obtiene al final del proceso de descomposición un compost maduro, el cual, es un acondicionador orgánico altamente humificado, seguro desde el punto de vista sanitario,

libre de sustancias fitotóxicas y los nutrimentos que contiene estarán disponibles para las plantas después de un proceso gradual de mineralización. El compostaje de la cachaza es una alternativa que permite reducir las dosis de aplicación, facilitando su transporte y aplicación en campo [8].

La cachaza por su alta relación carbono/nitrógeno (C/N), cuando sale de la fábrica, es decir cruda, necesita alrededor de seis meses para que los elementos minerales pasen a formas disponibles para la planta [11], lo que ocasiona acumulación de altas cantidades de cachaza almacenada en los ingenios.

En el presente trabajo se desarrolló una tecnología para acelerar el proceso de descomposición de la cachaza y así potenciar su uso como biofertilizante mediante la incorporación de microorganismos benéficos estimulados electromagnéticamente. El diseño y construcción de este modelo plantea una alternativa tecnológica sencilla en el marco de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) que son implementadas para garantizar la sostenibilidad de las Unidades Productivas.

## MÉTODO

El trabajo experimental se realizó en el Laboratorio de Física Ambiental de la Universidad del Valle, Cali, Colombia (altitud: 997 msnm). Las condiciones climáticas durante el periodo experimental (45 días) fueron las siguientes: temperatura promedio de 24 °C, humedad relativa de 74 %, precipitación anual de 1.441 mm.

La cachaza fresca se tomó como sale de la fábrica, extraída de los filtros rotativos de un ingenio azucarero. En los patios de compostaje se obtuvo la cachaza madura, con un periodo de secado de seis meses al aire libre.

En ésta investigación se utilizó para cada unidad experimental 500 g de cachaza en una bolsa plástica negra de 16 cm de altura y 3 pulgadas de diámetro, las cuales fueron finalmente etiquetadas.

La estimulación electromagnética se realizó con solenoides. La generación de campos electromagnéticos a través de bobinas eléctricas permitió obtener un campo con corriente alterna, el cual mejoró significativamente la estimulación, en relación a los campos magnéticos continuos (con imanes). El tratamiento de estimulación

electromagnética complementa las llamadas técnicas duras (estimulación física con campos magnéticos) con técnicas blandas (estimulación biológica con microorganismos).

La magnitud del campo electromagnético B creado en el centro de una bobina de radio a y N espiras por donde circula una corriente I está dada por la Ec. (1):

$$B = \frac{\mu N I}{2a} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde  $\mu$ , es la permeabilidad magnética del biofertilizante.

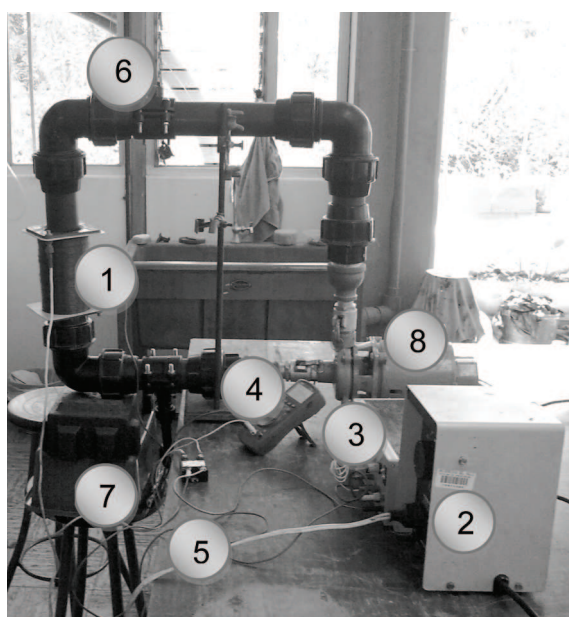
La dinámica del campo electromagnético en el solenoide está dada por Ec. (2):

$$\nabla^2 H - \epsilon \cdot \mu \frac{\partial^2 H}{\partial t^2} = 0 \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde H es el poder innanimado del equipo,  $\epsilon$  es la potencia y t es el tiempo.

Se diseñó un circuito de estimulación electromagnética dinámico o cinético (Figura 1), el cual consiste en

**Figura 1.** Circuito de estimulación electromagnética dinámico o cinético. (1: Solenoide; 2: Variag; 3: Generados de frecuencias; 4: Amperímetro; 5: Reley; 6: Entrada de microorganismos a estimular; 7: Salida de microorganismos estimulados; 8: Bomba centrífuga.



hacer pasar a través de un campo electromagnético los microorganismos a estimular, donde la circulación debe ser lenta y permanecer un tiempo considerable en contacto con el campo [12].

Se aplicó 10 ml de mezcla de microorganismos benéficos (Cuadro 1) en 500 g contenidos en cada una de las unidades experimentales. Esta proporción coincidió con aplicaciones recomendadas y más utilizadas de microorganismos benéficos para acelerar el proceso de descomposición orgánica de la cachaza en la agroindustria (200 litros de mezcla de microorganismos benéficos por 10 toneladas de cachaza).

Los 3 testigos utilizados como parámetros de comparación fueron:

- Cachaza fresca con microorganismos no estimulados electromagnéticamente (FM).
- Cachaza fresca sin microorganismos (F).
- Cachaza madura sin microorganismos (C).

Los tratamientos correspondieron a la combinación de los niveles de los factores experimentales obteniendo 30 tratamientos (27 estimulados electromagnéticamente y 3 testigos). Cada tratamiento tuvo tres réplicas (N=3), para un total de 90 unidades experimentales (81 estimuladas electromagnéticamente y 9 testigos).

**Cuadro 1.** Composición microbiológica del tratamiento

Microorganismos	Concentración por mililitro (Mic ml <sup>-1</sup> )
Levaduras ( <i>Sacharomyces Cerevisae</i> )	4 x 10 <sup>7</sup>
<i>Azospirillum Brasiliense</i>	2 x 10 <sup>7</sup>
<i>Azotobacter Chroococum</i>	4 x 10 <sup>7</sup>
<i>Azotobacter Vinelandii</i>	1 x 10 <sup>7</sup>
<i>Pseudomonas Fluorescens</i>	2.3 x 10 <sup>7</sup>
<i>Lactobacillus Casei, acidophilus, plantarum, bulgaricus</i>	2 x 10 <sup>9</sup>
<i>Bacillus megaterium</i>	1 x 10 <sup>7</sup>
<i>Bacillus subtilis</i>	1 x 10 <sup>7</sup>
<i>Paecilomyces Lilacinus, P. fumosoroseus</i>	1x 10 <sup>9</sup> (es g <sup>-1</sup> )
<i>Lecanicillum lecani</i>	1x 10 <sup>9</sup> (es g <sup>-1</sup> )
<i>Metarhizium Anisopliae</i>	1x 10 <sup>8</sup> (es g <sup>-1</sup> )
<i>Trichoderma harzianum</i>	1x 10 <sup>10</sup> (es g <sup>-1</sup> )

En el Cuadro 2 se muestra los niveles del factor experimental de la cachaza fresca con microorganismos estimulados electromagnéticamente (FME).

Para el análisis estadístico se utilizó un diseño factorial completamente al azar [15]. Para las comparaciones se utilizó la prueba de Rango Múltiple de Duncan (1955), citado por [15], con un nivel de confianza del 80 %.

En cada bolsa se sembró una planta indicadora (frijol calima *Phaseolus vulgaris* L.), a la cual se le midió altura, materia seca y diámetro a los 45 días después de la siembra.

Se realizó un seguimiento de la actividad microbiana de la cachaza fresca al inicio y al final del experimento, la cual tuvo una duración de 45 días.

La actividad microbiana es un reflejo directo de la degradación de materia orgánica de la cachaza. Esta degradación indica que están sucediendo dos procesos: (1) pérdida del carbono del suelo, y (2) entrega de nutrientes [13].

Todas las investigaciones tuvieron como base incubaciones de suelo, *in situ* o en laboratorio, con medición de productos finales como CO<sub>2</sub>, los cuales han permitieron conocer la mineralización y estabilidad del carbono C en relación a la cantidad y calidad de la materia orgánica presente y las prácticas de manejo agronómico. El C mineralizado en estos experimentos ha sido reportado como excelente indicador de cambio en el C orgánico, que representa una activa fracción de la materia orgánica del suelo [14].

**Cuadro 2.** Factores y niveles experimentales

Factor experimental	Niveles
Frecuencia del campo electromagnético variable	25 Hz
	250 Hz
	2500 Hz
Tiempo de exposición de los microorganismos al campo electromagnético	1 horas
	2 horas
	4 horas
Magnitud del campo electromagnético variable	4 mT
	15 mT
	30 mT

Las unidades de la actividad microbiana son cantidad de carbono en CO<sub>2</sub> por cantidad de masa de suelo seco ( $\mu\text{gC-CO}_2 \text{ gSS}^{-1}$ ).

## RESULTADOS

En el Cuadro 3 muestra el resumen del análisis del efecto del tiempo de exposición de los microorganismos al campo electromagnético, frecuencia del campo electromagnético, y magnitud del campo electromagnético en las mediciones de altura, diámetro y materia seca de la planta indicadora y la actividad microbiana de la cachaza, para así determinar la mejor calibración o configuración del equipo de electromagnetismo con el fin de acelerar la descomposición orgánica de la cachaza fresca.

Al obtener menor actividad microbiana indica mayor grado de descomposición orgánica de la cachaza fresca [13], por lo tanto el mejor tratamiento fue el que arrojó menor valor de actividad microbiana (Cuadro 3).

En el Cuadro 3 muestra que el mejor nivel de configuración del equipo de electromagnetismo para acelerar la descomposición orgánica de la cachaza fresca, es de 1 hora en tiempo de exposición de los microorganismos al campo electromagnético, 250 Hz en frecuencia, y 15 mT de magnitud del campo electromagnético.

Lo anterior difiere con la configuración de estimulación electromagnética de microorganismos encontrados por [16], la cual fue de 2 horas en tiempo de exposición de los microorganismos al campo electromagnético, 25 Hz en frecuencia, y 4 mT de magnitud del campo electromagnético, y de la obtenida por [17] de 2 horas en tiempo de exposición de los microorganismos al campo electromagnético, 60 Hz en frecuencia, y 10 mT de magnitud del campo electromagnético. Según [16] el efecto de la variabilidad del campo (frecuencia) es más significativo en el proceso de mineralización de la cachaza, que la influencia de la magnitud del mismo, esto se observa en el Cuadro 3, donde la frecuencia muestra mayores diferencias significativas que el campo electromagnético en la actividad microbiana de la cachaza (variable que mejor explica el grado de mineralización de la cachaza). Por lo tanto se puede señalar que la alta frecuencia experimentada de 250 Hz incidió en la disminución de 1 hora en el tiempo de exposición

**Cuadro 3.** Efecto de los niveles de configuración del equipo de electromagnetismo en las variables fisiológicas de la planta indicadora y actividad microbiana de la cachaza

Efecto	Nivel	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Materia seca (g)	Actividad microbiana ( $\mu\text{gC-CO}_2 \text{ gSS}^{-1}$ )
Frecuencia (hz)	25	62,52 b	37,04 b	1,45 c	493,78 b
	250	72,11 a	38,89 a	2,27 a	358,22 a
	2500	68,85 a	37,81 ab	1,91 b	368,56 a
Campo (mT)	4	64,93 b	36,63 b	1,48 b	456,56 a
	15	72,41 a	37,59 b	2,49 a	374,81 a
	30	66,15 b	39,52 a	1,66 b	389,19 a
Tiempo (h)	1	74,19 a	38,41 a	1,98 a	327,44 a
	2	66,78 b	38,07 a	1,69 b	406,11 ab
	4	62,52 b	37,26 a	1,96 a	487 b
Significancia					
Frecuencia		0,081	0,246	<0,001	0,071
Campo		0,179	0,034	<0,001	0,4
Tiempo		0,027	0,562	0,131	0,053

Cada valor es un promedio de 27 repeticiones y con letras diferentes en la columna especifica diferencia significativa ( $p < 0,2$ ).

de los microorganismos al campo electromagnético encontrado en las investigaciones de [16] y [17]

El Cuadro 4 se presenta el efecto de los tratamientos: cachaza fresca con microorganismos estimulados electromagnéticamente (FME), cachaza fresca con microorganismos no estimulados electromagnéticamente (FM), cachaza fresca sin microorganismos (F) y cachaza madura sin microorganismos (C), en las mediciones de altura, diámetro y materia seca de la planta indicadora y la actividad microbiana de la cachaza.

Las mediciones de diámetro y materia seca de la planta indicadora presentada en el Cuadro 4, indican que el tratamiento (FME) es la que más se acerca al nivel de descomposición orgánica de (C), puesto que la aceleración de degradación de moléculas orgánicas complejas de la cachaza por los microorganismos estimulados electromagnéticamente aumentan la disponibilidad de los nutrientes para la planta indicadora promoviendo su crecimiento vegetal [18]. Según [19], la incorporación de microorganismos en la cachaza incrementaron 7,29% en nitrógeno total y 55% el fosforo disponible para la planta.

**Cuadro 4.** Efecto de los tratamientos en las variables fisiológicas de la planta indicadora y actividad microbiana de la cachaza

Tratamiento	N*	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Materia seca (g)	Actividad microbiana ( $\mu\text{gC-CO}_2 \text{ gSS}^{-1}$ )
F	3	81,0 a	33,7 b	1,1 b	685,3 c
FM	3	80,0 a	36,3 ab	1,8 a	531,3 bc
FME	81	67,8 a	37,4 ab	1,9 a	406,9 ab
C	3	80,7 a	39,0 a	2,3 a	283,0 a
Significancia		0,997	0,269	0,059	0,112

Letras diferentes en la columna especifica diferencia significativa ( $p < 0,2$ ).

\* Número de repeticiones para obtener los valores promedios

La Figura 2 presenta el análisis comparativo de la actividad microbiana de la cachaza fresca al inicio del experimento (FI) frente a los tratamientos mencionados en el Cuadro 4 transcurrido 45 días de duración del experimento.

La actividad microbiana es una de las variables que mejor explica el nivel de descomposición orgánica de la cachaza, al disminuir la actividad microbiana aumenta el nivel de mineralización de la cachaza, lo cual indica su aumento de madurez para ser utilizada como biofertilizantes y ser asimilado por las plantas más fácil y rápidamente [13, 16].

De acuerdo a lo anterior, la Figura 2 y el Cuadro 4 muestran que el mejor tratamiento para acelerar la descomposición orgánica de (FI) y aproximarla al grado de mineralización de (C), facilitando la asimilación de los nutrientes de este biofertilizante a la planta, fue (FME); seguido por (FM) y en último lugar y como se esperaba el (F), el cual genera menor degradación biológica, pues fue el tratamiento donde no se aplicó ningún producto. Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos por [16], donde muestra que la estimulación electro-

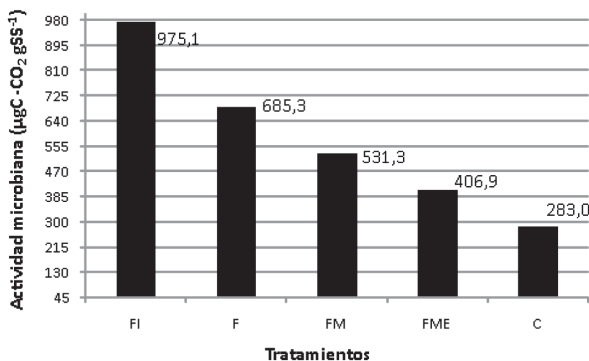
magnética de microorganismos benéficos aplicados a la cachaza acelera el proceso de mineralización del carbono y aumenta la respuesta agronómica de la planta indicadora.

La incorporación de microorganismos benéficos impactó significativamente en la descomposición orgánica de la cachaza (Figura 2 y Cuadro 4). Resultados similares fueron obtenidos con residuos orgánicos de origen animal [20] y vegetal [21]

El Cuadro 5 muestra la disminución de la actividad microbiana de la cachaza de los tratamientos (F), (FM) y (FME) desde su estado inicial (FI = 975,1  $\mu\text{gC-CO}_2$  gSS<sup>-1</sup>), evidenciando en porcentaje la descomposición orgánica.

De acuerdo al Cuadro 4, el tratamiento de descomposición orgánica natural de la cachaza (F), solo descompuso en un 29,7% del material orgánico de (FI), por su parte el mejor tratamiento fue (FME) con un 58,3% de descomposición orgánica de (FI), por consiguiente el tratamiento (FME) aceleró el proceso natural de descomposición orgánica en un 49,1%; es decir, que redujo en casi la mitad el tiempo de descomposición orgánica de la cachaza fresca, demostrando así la efectividad de la técnica electromagnética.

**Figura 2.** Comparaciones de la actividad microbiana de la cachaza en los diferentes tratamientos.



## CONCLUSIONES

La mejor calibración o configuración del equipo de electromagnetismo para acelerar la descomposición orgánica de la cachaza fresca de acuerdo con las mediciones de altura, diámetro y materia seca de la planta indicadora y la actividad microbiana de la cachaza fue de 1 hora en tiempo de exposición de los microorganismos al campo electromagnético, 250 Hz en frecuencia, y 15 mT de magnitud del campo electromagnético.

**Cuadro 5.** Descomposición orgánica de los tratamientos

Tratamiento	Actividad microbiana (AM final) ( $\mu\text{gC-CO}_2$ gSS <sup>-1</sup> )	Disminución de la actividad microbiana (AM inicial - AM final) ( $\mu\text{gC-CO}_2$ gSS <sup>-1</sup> )	Porcentaje de descomposición orgánica
F	685,3	289,8	29,7%
FM	531,3	443,8	45,5%
FME	406,9	568,3	58,3%

Las mediciones de diámetro y materia seca de la planta indicadora y la actividad microbiana de la cachaza, mostraron que el mejor tratamiento para acelerar la descomposición orgánica de (F1) y aproximarla al grado de mineralización de (C), facilitando la asimilación de los nutrientes de este biofertilizante por la planta, fue (FME); seguido de (FM) y en último lugar y como se esperaba esta (F), el cual generó menor degradación biológica, pues fue el tratamiento donde no se aplicó ningún producto.

El tratamiento (FME) aceleró el proceso natural de descomposición orgánica en un 49,1%, es decir que redujo en casi la mitad el tiempo de descomposición orgánica de la cachaza fresca, demostrando así la efectividad de la técnica electromagnética.

## REFERENCIAS

- [1] ZURRO, P. Producción de abonos y fertilizantes a partir de subproductos de la industria azucarera orgánica. [En Línea] Disponible desde internet en: <http://www.elparanaense.com.ar/pdf/MemoriaabonosIngSanJavierMNES.pdf> [Fecha de cita: Junio de 2005]
- [2] ZÉREGA, L. Manejo y uso agronómico de la cachaza en suelos cañameleros. *Rev. Caña Azúcar* 11(2), 71-92, 1993
- [3] MOHEE, R.R. & B. PANRAY. Life cycle analysis of compost incorporated sugarcane bioenergy systems in Mauritius. *Biomass Bioenergy* 17,73-83, 1999.
- [4] ARRIECHE, I. & O. MORA. Efecto de la aplicación de residuos orgánicos sobre el cultivo del maíz en suelos agrícolas del estado de Yaracuy, Venezuela. *Bioagro* 17(3), 155-159, 2005.
- [5] KHAN, K.; A. GATTINGER; F. BUEGGER; M. SCHLOTER & R.G. JOERGENSEN. Microbial use of organic amendments in saline soils monitored by changes in the  $^{13}C/^{12}C$  ratio. *Soil Biol. Biochem.* 40, 1217-1224, 2008.
- [6] RASUL, G.; A. APPUHN; T. MULLER & R.G. JOERGENSEN. Salinity induced changes in the microbial use of sugar cane filter cake material under acidic soil conditions. *Appl. Soil Ecol.* 31, 1-10, 2006.
- [7] ASO, P.J. & V. BUSTOS N. Uso de residuos orgánicos, estiércol y cachaza, como abonos. *Avance Agroindustrial* 44. Estación Experimental Agroindustrial. Tucumán, Argentina, 1991.
- [8] ARREOLA EJ, PALMA LDJ, SALGADO GS, CAMACHO CHW, OBRADOR OJJ, JUÁREZ LJF & PASTRANA AL. Evaluación de abono órgano mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar. *Terra Latinoamericana.* 22, , 351-357, 2004.
- [9] SALGADO G., S., L. BUCIO A., D. RIESTRA D. & L.C. LAGUNES-E. Caña de azúcar: Hacia un manejo sustentable. Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados-ISPOTAB. H. Cárdenas, Tabasco, México, 2001.
- [10] EGHBALL, B., J. POWER, J. GILLEY & J. DORAN. Nutrient, carbon and mass loss during composting of cattle feedlot manure. *Journal of environmental quality (USA).* 26(1): 189-198, 1997.
- [11] SUBIRÓS, F. El cultivo de la caña de azúcar, 1a edición. Costa Rica: Editorial Universidad estatal a distancia, 448 p, 2000.
- [12] PEÑA, J. Estimulación magnética de microorganismos benéficos aplicados a la cachaza para mejorar su uso como fertilizante orgánico. Universidad del Valle, Colciencias. Cali, 2010.
- [13] PARKIN, T.B., J.W. DORAN, & E. FRANCO-VIZCAINO. Field and laboratory tests of soil respiration. In: J.W. Doran and A.J. Jones (eds.) *Methods for assessing soil quality.* Soil Sci. Soc. Am. Spec. 49, 231-246, 1996.
- [14] CARTER, M.R., & D.A. RENNIE. Changes in soil quality under zero tillage farming systems: distribution of microbial biomass and mineralizable C and N potentials. *Can. J. Soil Sci.* 62:587-597, 1962.
- [15] MONTGOMERY, D. C. Diseño y análisis de experimentos, 2a edición. México: Limusa Wiley, 681 p, 2002.
- [16] CUERO, R. & TULANDE, R. Evaluación de la estimulación magnética con campo magnético variable en la cachaza seca y en el período de compostaje de la cachaza verde de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) tratadas con microorganismos benéficos. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Agrícola. Universidad del Valle, Universidad Nacional de Colombia, 2004.
- [17] IPAZ, C. & LÓPEZ, M. Evaluación de la germinación y la primera fase de crecimiento del cultivo de sorgo híbrido 744 (*Sorghum vulgare*), bajo el efecto del uso de un sistema dinámico de estimulación electromagnética para el agua y microorganismos en solución. Trabajo de grado (Ingeniería Agrícola). Universidad del Valle, Universidad Nacional de Colombia, 2004.



- [18] GOBAT J-M, ARAGNO M, MATTHEY W. The Living Soil. Fundamentals of Soil Science and Soil Biology. Science Publishers. Enfield, NH, EEUU. 602 p, 2004.
- [19] RIVERA-CRUZ M., TRUJILLO-NARCÍA A. & ALEJO-PEREYRA D. Los biofertilizantes integrados con bacterias fijadoras de N, solubilizadoras de P y sustratos orgánicos en el crecimiento de naranjo agrio *Citrus aurantium* L. *Interciencia*. 35(2): 113-119, 2010.
- [20] MEIJIDE A, DÍEZ AJ, SÁNCHEZ-MARTÍN L, LÓPEZ-FERNÁNDEZ S, VALLEJO A. Nitrogen oxide emissions from an irrigated maize crop amended with treated pig slurries and composts in a Mediterranean climate. *Agric. Ecosyst. Env.* 121: 383-394, 2007.
- [21] SHAF I M, BAKHT J, TA R IQ JM, SHAH Z. Soil C and N dynamics and maize (*Zea may* L.) yield as affected by cropping systems and residue management in North-western Pakistan. *Soil Till. Res.* 94: 520-529, 2007.