

## Uso del residual sólido de biogás en la fertilización del plátano fruta

### Use of solid biogas residual in the fertilization of banana

Ricardo Caballero Álvarez, Pavel Chaveli Chávez, Mirna Vento Pérez, Pedro López Labarta, Ignacio Corrales Garriga y Deisi Rodríguez Avalos.

Instituto de Suelos. Dirección Provincial. Camagüey. Cacocum # 11, Reparto Puerto Príncipe, Camagüey.

E-mail: direccion@suelos.eimanet.co.cu

**RESUMEN.** Para lograr incremento de los rendimientos en el cultivo del plátano fruta, en suelos Ferríticos Rojo Oscuro típico, se utilizó el residual de biogás en su estado sólido, el cual se caracterizó química y microbiológicamente. Se estudiaron dosis de (0,1, 2 y 3 kg. planta<sup>-1</sup>); en un diseño de bloque al azar y 4 réplicas. En las mediciones se tuvo en cuenta, el peso del racimo, el número de manos y el número de dedos de la segunda mano de cada racimo. Se hicieron muestreos del suelo al inicio y al finalizar el estudio, para determinar pH (KCl), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O y materia orgánica. La caracterización del residual sirvió para conocer sus posibilidades de utilización como abono, las cuales son muy positivas. La mejor dosis encontrada fue la de 3 kg.planta<sup>-1</sup>, lográndose rendimientos de 35.00 t.ha<sup>-1</sup>; alcanzándose un beneficio económico de 1 430.76 \$.ha<sup>-1</sup>; además de un aumento de los contenidos de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O y la materia orgánica al finalizar el estudio con la dosis empleada.

**Palabras clave:** Biogás, fertilización orgánica, plátano fruta, residual de biogás.

**ABSTRACT:** To achieve increment of the yields in banana fruit cultivation, in typical Dark Red Ferritic Soils, the residual of biogas was used in their solid state, it was realized characterized chemistry and microbiological analysis. Doses of (0,1; 2 and 3 kg.planta<sup>-1</sup>) was studied in a random block design with repetitions. Measurements of the weight of the cluster, the number of hands and the number of fingers of the second hand of each cluster was realized. Samplings of soil to the beginning and ending the study were made to determine pH (KCl), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O and organic matter. The characterization of the residual one was good to know its use possibilities as fertilizer, which is very positive. The best dose was 3 kg.plant<sup>-1</sup>, which yields of 35.00 t.ha<sup>-1</sup>; and an economic benefit of 1 430.76 \$.ha<sup>-1</sup>; also an increase of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O and the organic matter contents was observed when concluding the study, with the used dose.

**Key words:** Biogas, organic fertilization, banana, residual of biogas.

## INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de alternativas de obtención de energía, se han desarrollado las plantas de producción de biogás, con una eficiente producción de gas metano, el cual constituye un combustible de alta calidad para el uso de cocinas, alumbrados entre otros usos. No obstante, el residual que se deriva de estas producciones constituye un buen abono para las plantas, con demostradas propiedades nutritivas para la obtención de buenos rendimientos en los cultivos, (Da Silva, 1979, FAO, 1981 y Fonte y Gandarilla, 1999).

Arcia y col (1986) informan que el residuo producido a partir de la cachaza presenta valores de sus elementos en por ciento similares a los de la

propia fuente sin procesar y que existe una mayor disponibilidad de los nutrientes asimilables en el lodo como consecuencia del proceso de fermentación anaeróbica a que es sometido el material. También De la Peña y col (1982) plantean que es rico en sustancias húmicas lo cual es vital para el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo. Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto y conociendo que los digestores del MININT en Camagüey producen un gran volumen semanal de este residuo, y que por demás las áreas del cultivo del plátano tanto en la Agropecuaria MININT, como en el municipio y la provincia, tienen bajos niveles de nutrientes por la falta de fertilizantes químicos, fue que se llevo a cabo este trabajo en el cual se

estudiaron las dosis del residual en su estado sólido, con vista a mejorar los rendimientos en este importante cultivo de la canasta básica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de la caracterización se tomaron muestras del residual sólido de biogás durante siete meses (una cada mes), de los digestores ubicados en el camino de Maraguan, municipio de Camagüey, a los que se le realizaron los siguientes análisis:

Químicos: pH (H<sub>2</sub>O); CE; MO; y porcentaje de los elementos siguientes: N; P; K; Ca y Mg.

Microbiológico: Conteo de bacterias, hongos y actinomiceto.

Las mediciones realizadas al cultivo fueron: Rendimiento, número de manos por racimo y número de dedos de la segunda mano.

En los resultados químicos, los rangos para las medidas, se expresaron a través de intervalos de confianzas, en el caso de los microbiológicos los resultados se obtuvieron de las medias de los muestreos realizados.

Las investigaciones de campo se condujeron en la Granja del MININT Pilón 3, ubicada en el municipio Sierra de Cubitas, en el cultivo del plátano fruta (*Musa sp.*), sobre un suelo clasificado como Ferrítico Rojo Oscuro típico (Instituto de Suelo, 1999); (Tabla 1).

Tabla 1. Composición inicial del suelo

pH (KCl)	mg.100g <sup>-1</sup>		M.O (%)
6.2	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	2.08
	21.83	55.00	

Las dosis del residual sólido fueron: 0; 4; 8 y 12 t.ha<sup>-1</sup> equivalente a 0; 1; 2 y 3 kg.planta<sup>-1</sup>, mediante un diseño de bloque al azar y cuatro réplicas. Las parcelas están compuestas por 2 hileras de 6 plantas cada una, 12 planta en total con un área de 12 m<sup>2</sup>.

Al finalizar el único ciclo estudiado se hizo un muestreo de suelos por parcela donde se determinó: pH (KCl), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O y M.O por los métodos correspondientes.

La evaluación estadística de todos los resultados se hizo mediante análisis de varianza de clasificación doble, y donde hubo significación se utilizó la prueba de rangos múltiples de Duncan para un nivel de significación del 5 %.

Para el análisis económico se utilizó el valor de 119.35 \$.t<sup>-1</sup> como precio para el plátano fruta (CEP, 1985) y 0.0657 \$.kg<sup>-1</sup> para el precio del residual de biogás, también se consideró el costo de aplicación del abono el cual fue de 182.00 \$.ha<sup>-1</sup>.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la caracterización química del residual sólido (Tabla 2) muestran que los valores de pH son altos, en el rango de 8.6 a 9.3, comparados con los obtenidos en otros abonos orgánicos tales como el compost (7.39) (Vento, 2000) y los obtenidos por varios autores en el humus de lombriz 8.16 (Font y Francisco, 1995); 7.1 a 8.2 (Delgado, 1990); 6.8 a 8.0 (Cuevas y col., 1993) y 7.6 (Garcés, 1993), esto pudiera estar dado a que es un proceso anaeróbico, donde el pH se eleva porque ocurren reacciones de reducción y se forman ácidos butíricos, acético y propiónicos. De la misma manera los valores de Conductividad eléctrica (CE) son altos (4.01 a 4.97), por encima de lo reportado para otros abonos orgánicos como el humus de lombriz con valores medios de 3.2 mmol.cm<sup>-1</sup> (Escusell y Saña, 1988). Este comportamiento de la CE pudiera deberse a la influencia de los materiales con los que se alimentaron estos digestores en el período de estudio que constaron de residuales líquidos de cochiqueras y estiércol vacuno en menor proporción.

En el caso del % de N (1.92 a 2.36); P (0.91 a 1.25) y K (1.7 a 2.24), sus valores son altos si lo comparamos con los por cientos de estos mismos nutrientes en abonos orgánicos registrados por autores como Font y Francisco (1995) en el caso del humus de lombriz, reportan 2.02 % de N, 1.03 de P y 0.4 de K y Caballero (1999) que para el estiércol vacuno refiere 1.76 % de N, 0.75 de P y 1.2 de K y Vento (2000) para el compost obtiene 1.79 % de N, 0.38 de P y 1.39 de K.

**Tabla 2. Caracterización química del residual sólido de biogás**

No.	pH (H <sub>2</sub> O)	CE	% N	% P	% K	% Ca <sup>2+</sup>	% Mg <sup>2+</sup>	% H <sub>2</sub> O	% MO
1	8.6	3.40	1.68	0.92	1.86	7.00	1.54	47.70	48.00
2	9.0	5.10	2.04	0.83	2.50	10.80	1.49	31.71	54.00
3	8.4	5.83	1.90	1.04	2.16	10.20	1.54	23.77	48.00
4	9.3	4.52	2.33	1.60	2.50	8.48	2.26	41.72	32.50
5	9.0	4.09	2.75	1.30	1.86	8.76	2.64	41.62	44.00
6	8.5	4.21	2.26	0.90	1.50	8.32	2.66	31.86	46.00
7	8.8	4.30	2.00	0.99	1.50	6.96	2.28	48.03	45.41
	8.8±0.2	4.49±0.48	2.14±0.22	1.08±0.17	1.98±0.26	8.65±0.91	2.06±0.33	38.06±5.68	45.42±4.06
<b>Esx</b>	0.3215	0.7779	0.3467	0.2735	0.4209	1.4579	0.5245	9.1412	6.5346

Los contenidos de Ca<sup>2+</sup> (7.74 a 9.56 %) y Mg<sup>2+</sup> (1.73 a 2.39 %) están dentro de los rangos permisibles para que este material sea utilizado como abono y al compararlo con el humus de lombriz con contenidos de Ca<sup>2+</sup> de 4.71 % y 1.36 % de Mg<sup>2+</sup> (Font y Francisco, 1995) y con el compost el cual presenta contenidos de 1.58 % de Ca<sup>2+</sup> y 0.89 % de Mg<sup>2+</sup> (Vento, 2000) se nota que el residual sólido de biogás es un poco más rico en estos elementos.

Además, el material presenta un buen contenido de materia orgánica (41.46 a 49.48 %) lo que lo hace

muy atractivo para aplicarlo a los cultivos como abono.

En cuanto a la caracterización microbiológica (Tabla 3), se destacó la alta concentración bacteriana que presentó con 10<sup>8</sup> ufc.g<sup>-1</sup> ó mL de residual sólido, que superó lo reportado en humus de lombriz por Delgado (1990) y Lacasa (1990) y menor en comparación con Simón y col. (1993) y Font y Francisco (1995) para este mismo abono y por debajo de lo encontrado en compost de residuos de restos vegetales y estiércol vacuno por Vento, 2000.

**Tabla 3. Caracterización microbiológica del residual de biogás**

<b>Bacterias x 10<sup>8</sup> ufc</b>	<b>Hongos x 10<sup>4</sup> ufc</b>	<b>Actinomicetos x 10<sup>6</sup> ufc</b>
<b>Resid. sólido</b> 17.7	<b>Resid. sólido</b> 5.0	<b>Resid. sólido</b> 3.87

Las poblaciones de hongos en el orden de 10<sup>4</sup> son similares a las encontradas en humus de lombriz por Font y Francisco (1995); aunque inferiores a lo reportado para este mismo abono orgánico por otros autores (Velazco y Fernández, 1989; Delgado, 1990; Simón y col, 1993).

Para el grupo microbiano de los actinomicetos los valores encontrados coinciden con los reportados en humus de lombriz por Compagnoni y Putzolu (1985), Delgado (1990) y Font y Francisco (1995) en el orden de los millones de unidades formadoras de colonias siendo un poco más representativas en el residual sólido, pero inferiores a lo reportado por Vento (2000) en compost

En el Tabla 4 se presenta el efecto causado por el residual de biogás sólido sobre el rendimiento, el número de mano y el número

de dedos de la segunda mano; donde se observa que con la dosis de 3 kg.planta<sup>-1</sup> del residual de biogás se obtienen los mayores incrementos en los rendimientos del plátano fruta; lo cual se debe al efecto favorable que este abono causa sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, como bien reportan los autores Arcia y col (1986) y De la Peña y Díaz (1982), por otro lado se aprecia que el número de mano por racimo y de dedos de la segunda mano, no sufrieron variaciones significativas, solamente una tendencia al aumento en el número de dedos con el incremento de las dosis. Resultados similares reportan Olazábal y Reyes (1991), estudiando el humus de lombriz en plátano fruta sobre el mismo suelo, y Caballero y col (2001), (2003) (2004) empleando el residual de biogás en otros cultivos y suelos.

**Tabla 4. Influencia de las dosis del residuo de biogás sólido sobre el rendimiento y sus principales componentes**

Tratamientos biogás sólido (kg.planta <sup>-1</sup> )	Rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> )	No. de manos por racimo	No. de dedos de la 2da mano
0	22.19 <sup>c</sup>	8.27	12.5
1	33.00 <sup>bc</sup>	8.63	14.2
2	33.54 <sup>ab</sup>	8.50	14.0
3	35.45 <sup>a</sup>	8.80	14.6
ES x	0.8955 *	0.4606 <sup>ns</sup>	0.6955 <sup>ns</sup>

Medias con letras iguales no difieren a  $p < 0,05$  según la prueba de Rango Múltiple de Duncan

El estado final del suelo al finalizar el ciclo (Tabla 5); se apreció que el pH no sufrió variaciones significativas, sin embargo los contenidos de fósforo, potasio y la materia orgánica en todos los tratamientos donde se aplicó el abono aumentaron significativamente con respecto al testigo. La aplicación del abono propició la liberación del fósforo que pudiera estar retenido en el suelo, respuesta

corroborada lo expresado por otros autores sobre el efecto positivo que este abono causa fundamentalmente en las propiedades químicas, todo esto justifica lo obtenido en los rendimientos por el efecto favorable que causó el abono, lo cual ha sido reportado por otros autores como Bacht y col (1997), Guevara y col (2004) Chaveli (2006), utilizando el residuo de biogás en otros cultivos y suelos.

**Tabla 5. Influencia del residual de biogás sólido sobre las principales propiedades químicas del suelo**

Tratamientos (kg. planta <sup>-1</sup> )	pH (KCl)	mg.100g <sup>-1</sup> de suelo		M.O (%)
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
0	6.7	21.18 <sup>b</sup>	48.80 <sup>b</sup>	2.35 <sup>b</sup>
1	6.6	34.73 <sup>a</sup>	61.50 <sup>ab</sup>	3.38 <sup>a</sup>
2	6.1	35.33 <sup>a</sup>	61.54 <sup>ab</sup>	3.35 <sup>a</sup>
3	6.4	37.46 <sup>a</sup>	67.76 <sup>a</sup>	3.56 <sup>a</sup>
Esx	0.133 <sup>ns</sup>	3.124*	3.124*	0.171*

Medias con letras iguales no difieren a  $p < 0,05$  según la prueba de Rango Múltiple de Duncan

En el análisis económico (Tabla 6), mostro el beneficio obtenido al comparar el mayor rendimiento en comparación al control, lo que se

reverte en un beneficio económico de 1400.38 \$.ha<sup>-1</sup>, por el incremento que se logra en la producción.

**Tabla 6. Beneficio económico obtenido por la aplicación del residual**

Tratamientos	Rdto (kg.m <sup>-2</sup> )	Valor de produc. (\$.ha <sup>-1</sup> )	Costo total (\$.ha <sup>-1</sup> )	Valor de produc. final (\$.ha <sup>-1</sup> )	Beneficio (\$.ha <sup>-1</sup> )
Control	22.19	2648.38	-	2648.38	-
3 kg.planta <sup>-1</sup> residuo biogás	35.45	4230.96	182.20	4048.76	1400.38

## CONCLUSIONES

1. El residual de biogás sólido de acuerdo a su caracterización química y microbiológica es un excelente abono para la utilización en los cultivos.

2. La dosis de 3 kg. planta<sup>-1</sup> del residual de biogás eleva los rendimientos en el cultivo del plátano fruta, con un beneficio económico para los productores de 1400.38 \$.ha<sup>-1</sup>.

3. Los contenidos de  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  y el % de M.O, se vieron favorecidos con el abono confirmando su incidencia positiva sobre el suelo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Arcia, F.J.; Nuñez, A.G.; Amorós, Y. y Musteliet, L.A. (1986). Uso agrícola del lodo de la producción de biogás a partir de la cachaza. Cuba Azúcar, p3.

2. Bacht, T.; Monadero, M.; Ubaya, C. y Valdes, E. (1997). Utilización de lodos anaeróbicos de la producción de biogás como enmiendas orgánicas del suelo. IV Congreso de Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo y Reunión Internacional de Rhizosfera. p:97.

3. Caballero, R.; Gandarilla, J.E.; Pérez, D. y Rodríguez, D. (1999). Uso del lodo residual de la producción de biogás en la fertilización de las hortalizas en huertos intensivos. Centro Agrícola. 4:35-38.

4. Caballero R. J. Gandarilla; Denia. Pérez y Deisi Rodríguez. (2001). Tecnología de fertilización orgánica para elevar los rendimientos y mantener la fertilidad de los suelos en los huertos intensivos. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. Programas y resúmenes. ISBN 1609-1876. No.4 11 al 16 de Nov: 18.

5. Caballero, R.; Denia Pérez.; Mirna Vento. (2003). Generalización de la tecnología de fertilización orgánica en los huertos intensivos del Municipio Camagüey. Informe final del proyecto Territorial. 0908007. Instituto de Suelos, Dirección provincial, Camagüey. 25 p.

6. Caballero, R.; Gonzalez, M; Pérez, P; Chaveli, P; Rodríguez, D. (2004). Mejoramiento de la disponibilidad de abonos orgánicos en la Granja Urbana del municipio Camagüey. XIV Congreso Científico INCA. Programas y Resúmenes. p 78.

7. CEP. (1985). Comité Estatal de precios.

8. Compagnoni, L. y Putzolu, J. (1985). Cría moderna de lombrices y utilización rentable del humus. Barcelona. España. Ed. De Vecchi. 124 p.

9. Cuevas, J.R.; De la Cruz, R.; y Morejón, J.O. (1993). Dinámica de población anual de un cultivo de *Eisenia foetida andrei*. III Congreso Cubano de las Ciencias del Suelo y III Seminario Científico de la Estación Experimental "La Renee". Resúmenes.

10. Chaveli, P; Caballero R.; Corrales I; López P. y D. Rodríguez. (2006). Empleo del residual de biogás

en la fertilización de algunos cultivos. Informe final de Proyecto. 12-16 p.

11. Da Silva, E.J. (1979). Biogas generation. Developments, problems and task-an overview. Bulletin supplement-2. the United Nations University. 84-98.

12. De la Peña, D. y Díaz J. (1982). Efecto del bioabono en la agregación y el contenido de agua en el suelo. Universidad Nacional Técnica de Cajamarca, Perú. 8 p.

13. Delgado, A. (1990). Humus de lombriz. Caracterización y valor fertilizante. Humusa CIDA. 38-51.

14. Escusell, M. y Saña, V. (1988). Caracterización de la calidad de los vermicompost. Riego y Drenaje. 32:61-70.

15. FAO, (1981). China: Propagación de la Azolla y tecnología de biogás a pequeña escala. Boletín de suelos 41:21-36.

16. Font, L. y Francisco, A.M. (1995). El humus de lombriz: caracterización, almacenamiento y uso como abono orgánico. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. ISACA. 55 p.

17. Fontes, A. y Gandarilla, J.E. (1999). Intensificación de la generación de biogás a partir de la cachaza. II Taller Caribeño de Energía y Medio Ambiente. Cienfuegos, Cuba. p. 34-38.

18. Garcés, N. y Ruiz, E. (1993). Estudio de algunas características de un tipo de humus de lombriz obtenido en Cuba. III Congreso Cubano de las Ciencias del Suelo y III Seminario Científico de la Estación Experimental "La Renee". Resúmenes.

19. Guevara, A.; González, M.; Pérez, D.; Peña, E; Hartman, T. y Bardanca, T. (2004). Aplicaciones de abonos orgánicos y fertilizantes minerales para hortalizas en casas de cultivos protegidos. XIV

Recibido: 11/07/2010

Aceptado: 18/10/2011