

# EMPLEO DEL RESIDUAL DE BIOGÁS EN LA FERTILIZACIÓN DE HORTALIZAS EN HUERTOS Y ORGANOPÓNICOS

**Autores: Pavel Chaveli, Ricardo Caballero, Denia Pérez, Deisi Rodríguez, Mirna Vento, Ignacio Corrales**

***Instituto de suelos. Dirección Provincial Camagüey.***

## **INTRODUCCION**

En la actualidad existe la tendencia mundial de ir disminuyendo la utilización de productos químicos, los cuales han provocado un serio problema ambiental en varias regiones debido a su desproporcionado manejo con respecto a los abonos naturales u orgánicos, con el único fin de obtener elevados rendimientos aún a costa de la contaminación y degradación del suelo, aire y agua.

En la búsqueda de alternativas para la producción de energía, el hombre desarrolló los sistemas de generación de biogás donde el proceso transcurre en condiciones anaeróbicas (Fontes y Gandarilla, 1999). En estos sistemas el objetivo fundamental es la obtención del gas metano como fuente de combustible; pero además se puede aprovechar el residuo final como abono orgánico en los cultivos.

Por otro lado se conoce la alta calidad que tiene este abono, pues como informan Arcia *et al.* (1986) 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 Díaz (1982) plantean que es rico en sustancias húmicas lo cual es vital para el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo.

De su influencia positiva en el incremento de los rendimientos hortícolas informan Pérez *et al.* (2003); Caballero (1999); Caballero *et al.* (1999) y Caballero *et al.* (2003).

La Agricultura Urbana, según Mougeot (1993), Pérez *et al.* (1995) y Companioni *et al.* (1998) es la producción de cultivos alimentarios o no y la cría de animales dentro o en la periferia de las ciudades. En Cuba, ha alcanzado un auge extraordinario la producción de vegetales en donde los huertos intensivos y los organopónicos tienen un papel fundamental. Por otro lado Caballero *et al.* (2003) plantean que para lograr altos rendimientos en estos sistemas se hace necesario entre otras cosas, el uso continuo de residuales orgánicos que garanticen incrementos altos y estables de los rendimientos y mantengan la fertilidad en suelos y sustratos.

En este sentido una alternativa prometedora lo constituye el residual de la producción de biogás, fundamentado por las buenas características que este residual posee en su composición, pues como informa Arcia *et al.* (1986) el residuo producido a partir de la cachaza presenta valores de sus elementos en % 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 fue sometido. También De la Peña y Díaz (1982) plantean que es un material rico en sustancias húmicas lo cual es vital para el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo.

De esta forma se hizo necesario conocer la dosis y momento de aplicación de este residual en su estado sólido, para fertilizar los cultivos hortícolas en las modalidades de organopónicos y huertos intensivos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Las investigaciones se condujeron en huertos y organopónicos de la ciudad de Camagüey, sobre suelo de huertos en explotación, clasificado como Pardo con Carbonato

Típico Lavado (Instituto de Suelo, 1994), con fuerte actividad antrópica y sustrato de organopónico constituido en base a una mezcla al 50% de suelo Pardo sin Carbonato y compost (Cuadro 1).

**Cuadro 1: Composición inicial del suelo y el sustrato.**

Experimentos	pH	Mg.100g <sup>-1</sup>		MO %
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Huerto intensivo (1)	6.2	49.28	22.40	3.0
Organopónicos (2)	8.2	15.33	0.61	16.46

(1) Método de suelo Oniani,

MO por Walk Black

(2) Método acuoso

MO por Incineración

Los residuales utilizados en los estudios fueron analizados químicamente antes de ser aplicados y sus principales características químicas se presentan en el cuadro 2; donde se aprecia que los contenidos en % de N, P, K y MO se encuentran dentro de los rangos que deben oscilar estos elementos para ser usados como abonos, según el reporte de otros autores.

**Cuadro 2: Características químicas más importantes de cada residual**

Residual de biogás utilizado en:	%			
	N	P	K	MO
Huerto intensivo	2.26	0.90	1.50	46.00
Organopónicos	2.10	0.75	0.70	49.01

Los factores estudiados en huertos fueron los siguientes: dosis de residuo de biogás (0; 0.5; 1.0; 1.5 y 2.0 kg.m<sup>-2</sup>), en tres momentos de aplicación (al inicio, de cada dos cultivos y en cada cultivo) durante la rotación de las hortalizas; mediante un diseño de bloques al azar con arreglo factorial y cuatro réplicas; en organopónicos el estudio se hizo con las mismas dosis, siendo este el único factor estudiado en bloque al azar. Las parcelas experimentales tuvieron 1 m<sup>2</sup> dejándose área de borde en las mismas.

El residual de biogás sólido en el caso de los huertos se aplicó en la superficie del cantero después de conformado el mismo y se incorporó con rastrillo en los primeros 5 cm de profundidad. Igual procedimiento se siguió en el sustrato de organopónicos, luego se procedió a la siembra.

Para la rotación de hortalizas, los productores en ambos casos, tuvieron en cuenta la demanda de los consumidores y por ello se roto con las siguientes: lechuga (*Laeutaca sativa*, L.), Cebollino (*Allium fitulosum*), Remolacha (*Beta vulgaris*, L.), Rabanito (*Raphanus sativus*, L.), Acelga (*Brasica rapa*) y pepino (*Cucumis sativus*).

La limpia de malas hierbas, el riego y las atenciones fitosanitarias se hicieron de acuerdo a lo establecido en el instructivo técnico de organopónicos y huertos intensivos (1998).

Al finalizar cada investigación se efectuó un muestreo de suelo por parcela tanto en el suelo del huerto como en el sustrato de organopónico, donde se determinó pH, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O y MO; en el primer caso se hizo por el método de suelo y en el organopónico se utilizó el método acuoso.

Para determinar el rendimiento en cada cosecha, se tomo el peso de la hortaliza por parcela en kg.m<sup>-2</sup> y para el análisis económico se consideró el precio de venta de los productos (\$2.20/kg). En el caso del costo del material (\$/kg) de acuerdo a los precios vigentes en moneda nacional; para la transportación se estimó en base a \$80.00 el viaje de 4t/10 km de radio y la aplicación a \$2.00/cantero de 50m (cuadro 3).

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%.

**Cuadro 3: Costo total del material empleado en huertos y organopónicos.**

Abono orgánico	Material \$/kg	Transporte \$/kg	Aplicación \$/m <sup>2</sup>	Total \$/kg/m <sup>2</sup>
Residual de biogás (sólido)	0.020	0.040	0.020	0.080

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### HUERTOS INTENSIVOS

**Cuadro 12 Efecto de las dosis del residual de biogás sobre el rendimiento acumulado.**

Dosis del residual (kg/m <sup>2</sup> )	Rendimiento (kg/m <sup>2</sup> )
0.0	12.25 <sup>d</sup>
0.5	18.39 <sup>b</sup>
1.0	20.99 <sup>a</sup>
1.5	16.39 <sup>c</sup>
2.0	16.36 <sup>c</sup>
ES $\bar{x}$	0.2658 <sup>*</sup>

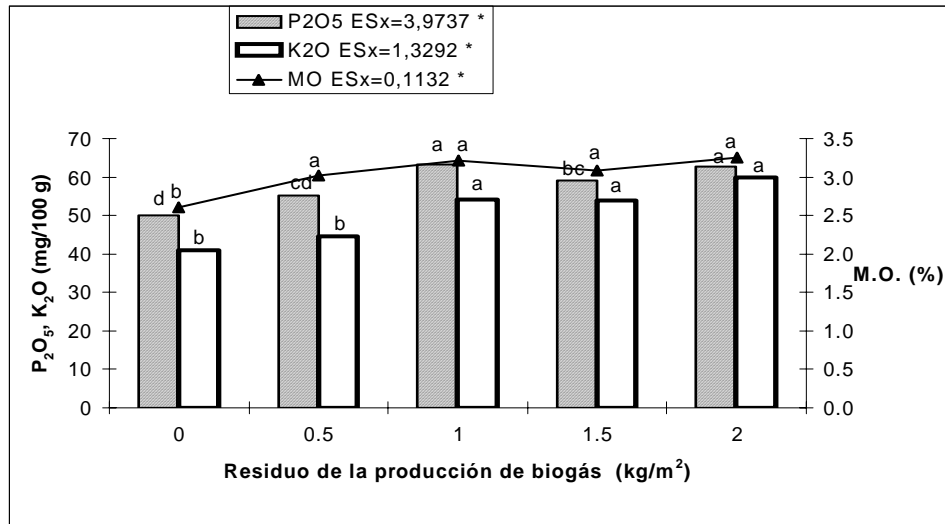
**Cuadro 13 Efecto de las formas de aplicación del residual de biogás**

Formas de aplicación	Rendimiento (kg/m <sup>2</sup> )
Al inicio	16.34 <sup>b</sup>
Alternamente	17.73 <sup>a</sup>
En todo cultivo	16.67 <sup>b</sup>
ES $\bar{x}$	0.2059 <sup>*</sup>

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

Al no haber interacción de los dos factores, se observa en los cuadros 12 y 13 respectivamente, como los mejores resultados se alcanzan con la dosis de 1 kg/m<sup>2</sup> del residual, aplicado cada dos cultivos durante la rotación de la distintas hortalizas, alcanzándose rendimientos de 20 kg.m<sup>-2</sup> de hortalizas con un efecto residual que cubre dos cultivos en sucesión, este resultado obedece a la incidencia positiva que este abono causa en las propiedades del suelo, fundamentado por las buenas características que el mismo posee en su composición, pues como informa Arcia citado por Caballero *et al.* (2004) el residuo producido a partir de la cachaza presenta valores de sus elementos en por cientos 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 fue sometido. Por otro lado Caballero *et al.* (1999) plantean que es un material rico en sustancias húmicas lo cual es vital para el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo.

Esta respuesta guarda una estrecha relación con el resultado que se obtiene cuando se analiza el contenido final de las principales características químicas del suelo al término del estudio, por la incidencia que el lodo causa sobre las mismas (figura 1) donde se aprecia que el testigo mostró los más bajos contenidos de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O y el % de materia orgánica, aumentando estas de forma general con los tratamientos que portaban el abono, este resultado se justifica por las características favorables que este residual posee, al incorporarle al suelo cantidades suficientes de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O y materia orgánica, estando esto en correspondencia con las dosis y frecuencia de aplicación empleadas, pues cuando se aplicó 1kg/m<sup>2</sup> del lodo, tres veces durante el ciclo, se alcanzo un acumulado final equivalente a 3 kg.m<sup>-2</sup> en las parcelas que les correspondía, ocurriendo así con las otras dosis y frecuencias en estudio, lo cual reafirma la respuesta obtenida.

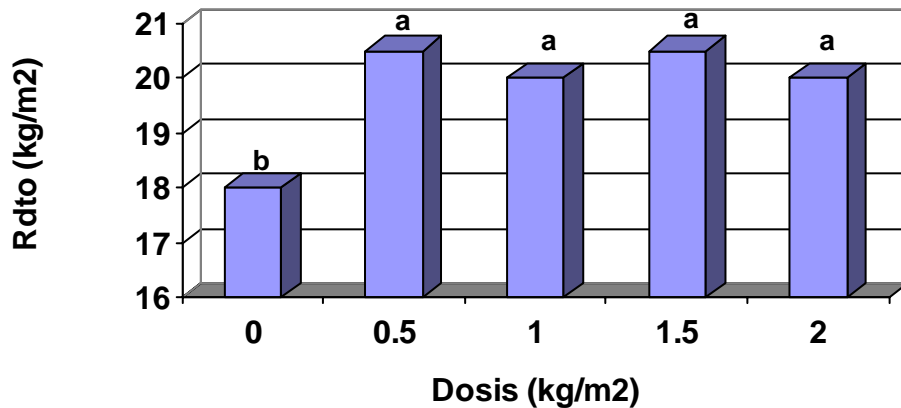


**Figura 1: Influencia del residuo de la producción de biogás sobre las propiedades químicas del suelo**

Este resultado demuestra al igual que en los casos anteriores, que con la dosis y frecuencia de aplicación empleadas, además de incrementarse los rendimientos se logra un nivel de fertilidad en el suelo que permite su explotación intensiva sin afectaciones posteriores en sus niveles productivos.

### ORGANOPÓNICOS

En el caso de los organopónicos los mayores rendimientos se alcanzaron a partir de la dosis de 0.5 kg.m<sup>-2</sup> del residuo de biogás (figura 2).



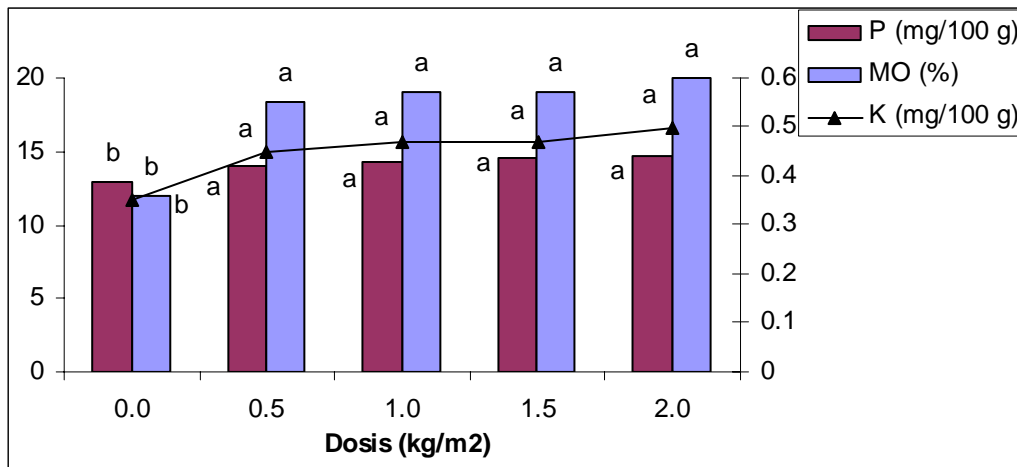
**Figura 2: Efecto de las dosis del residuo de biogás sobre el rendimiento acumulado.**

Este resultado parece deberse entre otras cosas a lo que reportan Fontes y Gandarilla (1999) sobre la disponibilidad de nutrientes asimilables que existen en este abono como consecuencia de la fermentación anaeróbica a la cual fue sometido; además De la Peña y Díaz (1982) informan que tiene una gran riqueza en sustancias húmicas, siendo vital esto en el desarrollo de los cultivos.

El efecto causado por el residual de biogás sobre las principales características químicas del suelo se presentan en la figura 3, donde se aprecia que los tratamientos que

contienen el abono alcanzan los mayores contenidos de este elemento al ser comparados contra el testigo; resultados similares obtuvieron Caballero *et al.* (2003) estudiando otros residuales en cultivos hortícolas de huertos.

Todo lo expresado en el gráfico 3, asevera que con la dosis de 0.5 kg.m<sup>-2</sup>, aplicada cada vez que se vaya a sembrar un cultivo, mantiene un buen nivel de fertilidad en el sustrato, que permite incrementos de los rendimientos, sin que se dañe su potencial productivo.



**Figura 3: Influencia del residual de biogas sobre algunas características químicas del sustrato**

En el análisis económico derivado de los resultados se muestra en el cuadro 14 el beneficio que se alcanza en organopónicos y huertos intensivos y que se debe a que el precio del residual es muy barato, al igual que los costos de transportación y aplicación, también las dosis que se recomiendan por metro cuadrado son bajas y sin embargo los rendimientos se incrementan con respecto a la no aplicación, justificándose de esta forma el beneficio alcanzado en cada modalidad.

**Cuadro 14: Beneficio económico obtenido por la aplicación de las dosis óptimas en cada modalidad**

Modalidad	Tratamientos	Rdto (kg/m <sup>2</sup> )	Valor de Prod. (\$/m <sup>2</sup> )	Costo total* (\$/m <sup>2</sup> )	Valor de Prod. Final (\$/m <sup>2</sup> )	Beneficio (\$/m <sup>2</sup> )
Huerto	Testigo	12.25	26.95	-	26.95	-
	Dosis óptima	20.99	46.18	0.24	45.94	18.99
Organopónico	Testigo	18.00	39.60	-	39.60	-
	Dosis óptima	20.80	45.76	0.32	45.44	8.84

Costo total (\$/m<sup>2</sup>) incluye los costos de cada abono orgánico, su transportación y aplicación, además las dosis óptimas en cada experimento fueron aplicadas 3 veces durante la secuencia de hortalizas.

## CONCLUSIONES

- En huertos intensivos en explotación cuando se utiliza 1kg.m<sup>-2</sup> del residual de biogás en su estado sólido cada dos cultivo durante la rotación de las hortalizas, se logran incrementos de los rendimientos por encima del 30% con respecto a la no aplicación.
- En la modalidad de organopónicos, el uso de 0.5kg.m<sup>-2</sup> del residuo de biogás sólido aplicado cada vez que se vaya a sembrar un cultivo, logra incremento de los rendimientos hortícolas de un 10%.

- En ambas modalidades de producción los contenidos de  $P_2O_5$  y  $K_2O$  y el % de materia orgánica se favorecieron con el uso del residuo de biogás al término del ciclo de las hortalizas, lo que permite la explotación intensiva de suelos y sustratos.
- La utilización de las dosis recomendadas en las dos modalidades, le brindan a los productores un beneficio económico de \$ 18.99/m<sup>2</sup>/año en huertos y \$8.48/m<sup>2</sup>/año en organopónicos.

## RECOMENDACIONES

- En huertos intensivos en explotación se debe aplicar 1kg.m<sup>-2</sup> (2 palas) del residual de biogás en su estado sólido cada dos cultivo en secuencia de hortalizas, después de conformado el cantero en su superficie, incorporándose en los primeros 5 cm del suelo y luego sembrar.
- En cultivos hortícolas de organopónicos, se debe aplicar 0.5kg.m<sup>-2</sup> (1 pala) del residuo de biogás sólido, cada vez que se vaya a sembrar un cultivo, en la superficie del sustrato, incorporándose en los primeros 5 cm y luego sembrar.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arcia, F.J.; Nuñez, A.G.; Amorós, Y. y Mustelier, L.A. 1986. Uso agrícola del lodo de la producción de biogás a partir de la cachaza. Cuba Azúcar, p3.
- Caballero, R. 1999. Efecto de los abonos orgánicos en la explotación de Huertos Intensivos. Tesis presentada en opción al grado de Máster en Fertilidad del Suelo.
- 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.
- 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.
- Caballero, R.; Pérez, D.; Vento, M.; Font, L.; Chaveli, P.; Rodríguez, D. y Valenciano, M. 2003. Generalización de la tecnología de fertilización orgánica en los huertos intensivos del Municipio Camagüey. Informe Final del Proyecto Territorial 0908007. Instituto de Suelo, Dirección Provincial, Camagüey. 25p.
- Companioni, N.; Rodríguez, A.; Carrión, M.; Alonso, R.M.; Ojeda, Y.; Peña, E. y Pozo, J.L. 1998. La Agricultura Urbana. Su desarrollo y Principales componentes: En: Compendio sobre Agricultura Urbana. Modalidad: Organopónicos y Huertos intensivos. INIFAT - UNICA. p. 2-8.
- 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. 8p.
- 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.
- Instituto de Suelos. 1994. Cuarta versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. MINAGRI. La Habana: 36 p.
- Mougeot, L. 1993. Autosuficiencia Alimentaria. Significación y Retos, el CIID informa. Canadá. 21 (3):2-5.
- Pérez, D.; Gandarilla, J.E.; Curbalo, R.; Caballero, R. y Rodríguez, D. 2003. Alternativas orgánicas para mantener rendimientos estables en organopónicos. Centro Agrícola. 2:76-79.
- Pérez, D.; Gandarilla, J.E. y Curbelo, R. 1995. El deterioro del sustrato en canteros de organopónicos por cosechas sucesivas. En I Taller Nacional sobre Desertificación. Guantánamo, Cuba. 59 p.