

EVALUACIÓN DEL EFECTO AGRONÓMICO DEL EFLUENTE SÓLIDO PROCEDENTE DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO POR DIGESTIÓN ANAEROBIA DE RESIDUALES PORCINOS EN LOS CULTIVOS DE AJO (*ALLIUM SATIVA*) Y TOMATE (*LICOPERSICUM ESCULENTUM*) VAR. L43

Por Teresa Fraser Gálvez, José Luis Fuente, Miguel Fariñas, Yoel Suárez Lastrey Alfredo Curbelo Alonso

* Instituto de Suelos (IS), Cuba.

E-mail: investigacion3@isuelos.cu

** Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP), Cuba.

***Finca La Inesita (Pedro Pi), Cuba.

E-mail: eumelio@nauta.cu

****Centro para la Gestión de la Información y el Desarrollo de la Energía. Cubaenergía, Cuba

E-mail: jlfuente@iip.co.cu

Resumen

Los suelos agrícolas sufren un desequilibrio en el mantenimiento de niveles estables de materia orgánica (MO) debido a diversas razones (excesivo laboreo, producción intensiva, uso de fitosanitarios, deforestaciones irracionales, incendios forestales, pastoreo inadecuado, etc.), ocasionando una disminución de la fertilidad natural del horizonte superficial, más acentuada en regiones con poca producción de biomasa. Es por ello, que la introducción de fertilizantes de origen orgánico resulta de suma importancia en los momentos actuales en que se dan pasos para cambiar la llamada agricultura moderna, por la agricultura biológica o agroecológica. La aplicación de efluente procedente de la planta de biogás porcina es considerada un abono orgánico eficaz, como fuente de materia orgánica y mejoradora de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos agrícolas. Tomando en consideración la gran cantidad de efluentes sólidos y líquidos que se generan como productos residuales del proceso de la producción de gas, se evaluó su efecto agronómico en la Finca la Inesita ubicada en Pedro Pi, provincia de Mayabeque, con el cultivo del ajo var. Chileno, sobre un suelo Ferralítico Rojo, y tomate var.L43 en suelo Ferralítico Amarillento; los surcos fueron de 20 m de largo, la cantidad de efluente correspondiente a los tonelajes consistieron en: para 4 ton (20kg), 6 ton (32kg), 8 ton (40kg), se replicaron los surcos cuatro veces y se evaluó en el caso del ajo el diámetro y peso en gramos de 20 bulbos y el peso en kg para el rendimiento total y en el tomate se midieron en 10 plantas el número de fruto y el peso total en kg. Los resultados mostraron que hubo un ligero incremento de las propiedades químicas del suelo después de las cosechas en el contenido de materia orgánica, Fósforo (P₂O₅), Potasio (K₂O), Calcio (Ca), y una disminución de las concentraciones de sodio, situación que pudo favorecer que los agregados del suelo fueran más estables y se observó que el uso del efluente (sólido) en los cultivo de ajo y tomate aumentaron de rendimientos de 5,74 y 72,88 kg.ha⁻¹, con las mayores aplicaciones superando al testigo en 1,84 y 19,4 kg.ha⁻¹.

Palabras clave: Cultivo, rendimiento, dosis de aplicación.

EVALUATION OF THE AGRONOMIC EFFECT OF THE SOLID EFFLUENT FROM A TREATMENT PLANT BY ANAEROBIC DIGESTION OF PORCINE RESIDUES IN GARLIC CROPS (*ALLIUM SATIVA*) AND TOMATE (*LICOPERSICUM ESCULENTUM*) VAR. L43

Abstract

Agricultural soils suffer an imbalance in the maintenance of stable levels of organic matter (MO) due to various reasons (excessive tillage, intensive production, use of phytosanitary products, irrational deforestation, forest fires, inadequate grazing, etc.), causing a decrease in the natural fertility of the surface horizon, more accentuated in regions with little biomass production. That is why, the introduction of fertilizers of organic origin is of utmost importance in the current moments in which steps are taken to change the so-called modern agriculture, for biological or agroecological agriculture. The application of effluent from the swine biogas plant is an effective organic fertilizer, as a source of organic matter and improving the physical, chemical and biological properties of agricultural soils, taking into account the large amount of solid and liquid effluents that they are generated as residual products of the gas production process, their agronomic effect was evaluated in the Inesita Farm located in Pedro Pí, Mayabeque province with the cultivation of garlic var. Chilean, on a Red Ferralitic soil, and tomato var. 43 on Yellowish Ferralitic soil, the grooves were 20m long, the amount of effluent corresponding to the tonnages consisted of: for 4 tn (20kg), 6 tn (32kg), 8 tn (40kg), the furrows were replicated 4 times and in the case of garlic the diameter and weight in grams of 20 bulbs and the weight in kg were evaluated for the total yield and in the tomato the number of fruit and the fruit were measured in 10 plants Total weight in kg. The results showed that there was a slight increase in the chemical properties of the soil after harvests in the content of Organic Matter, Phosphorus (P_2O_5), Potassium (K_2O), Calcium (Ca), and a decrease in sodium concentrations, situation which could favor that the aggregates of the soil were more stable and it was observed that the use of effluent (solid) in garlic and tomato crops increased yields of 5,74 and 72,88 kg,ha⁻¹ with the highest applications exceeding the control by 1,84 and 19,4 kg,ha⁻¹,

Key words: culture, yield, application dose

Introducción

Los suelos agrícolas sufren un desequilibrio en el mantenimiento de niveles estables de materia orgánica (MO) debido a diversas razones (excesivo laboreo, producción intensiva, uso de fitosanitarios, deforestaciones irracionales, incendios forestales, pastoreo inadecuado, etc.), ocasionando una disminución de la fertilidad natural del horizonte superficial, más acentuada en regiones con poca producción de biomasa.

Como consecuencia de ello se presentan problemas ambientales tales como mayor erosión, poca infiltración y menor capacidad de almacenamiento de agua, dificultad para el desarrollo radical y deficiente establecimiento de poblaciones microbianas benéficas [Dalal y Mayer, 1986; Azevedo *et al.*, 2003].

Las excretas de animales, vistas por muchos como un contaminante ambiental, pueden generar recursos valiosos mediante su procesamiento anaeróbico en biodigestores, de tal forma que al reciclarse, parte de la energía y de sus nutrientes favorezcan la sustentabilidad de la producción animal y al mismo tiempo aprovechar los desechos orgánicos [Soanes, 2008].

Desde el punto de vista agrícola, con este proceso se obtiene un material maduro, estable e higienizado, con un alto contenido en materia orgánica, que puede ser utilizado sin riesgo en la agricultura, por ser inocuo y no contener sustancias fitotóxicas, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de las plantas, [Soliva, 2006].

La introducción de fertilizantes de origen orgánico resulta de suma importancia en los momentos actuales en que se dan pasos para cambiar la llamada agricultura moderna, por la agricultura biológica o agroecológica, [Funes, 2009].

El uso de abonos orgánicos constituye una práctica común en la agricultura de Cuba y varios países del mundo, debido fundamentalmente al papel crucial que estos cumplen en la nutrición de los cultivos agrícolas y su influencia en la actividad fisiológica de las plantas [Medina, 2004].

Es por ello, que la introducción de fertilizantes de origen orgánico resulta de suma importancia en los momentos actuales en que se dan pasos para cambiar la llamada agricultura moderna, por la agricultura biológica o agroecológica [Medina, 2004; Funes, 2009].

Con el objetivo de encontrar soluciones alternativas a esta problemática, se desarrolló un experimento en la

Finca la Inesita en las áreas de cultivo de Pedro Pi, para evaluar la efectividad del efluente de biogás en los cultivos de ajo y tomate.

Materiales y métodos

La investigación en los cultivos de ajo (*Allium sativum*) var. Chileno y tomate (*Lycopersicon esculentum*) var. L43 se desarrollaron sobre un suelo Ferralítico Rojo y Ferralítico Amarillento respectivamente [Instituto de Suelos, 1999], ubicado en la Finca la Inesita de Pedro Pi en el municipio San José de las Lajas, provincia de Mayabeque. El esquema experimental aparece en la Fig. 1.

Se caracterizó el efluente cuyos resultados se muestran en la tabla 1 y se realizó el análisis de suelo antes de la aplicación del efluente y al final de la cosecha de ambos cultivos, cuyas características se reflejan en la tabla 2.

El efluente estuvo constituido mayormente por la materia orgánica oxidable, Ca, N y P, condicionado por la alta carga orgánica presente en las excretas en relación directa con la base alimentaria, es de destacar, que aunque los niveles de potasio hallados en el efluente son bajos fueron comparados con los abonos orgánicos más utilizados en la agricultura, su contenido en este tipo de residuos se considera relativamente bajo, debido a que este elemento es muy soluble en agua y gran parte se pierde una vez depurada el agua, fenómeno que fue descrito anteriormente por Soliva [2000] y Shober *et al.* [2003].

La relación C/N del efluente se encuentra dentro del rango informado por Shober *et al.* [2003] para los abonos orgánicos más utilizados en la agricultura y fue similar al encontrado en el humus de lombriz, el cual varía 10/1-13/1.

Esta baja relación indica que la materia orgánica presente en el efluente, es un material estabilizado y con nivel avanzado de mineralización, lo que evidencia que este residuo es una fuente potencial de nutrientes.

El pH mostró valores cercanos a la neutralidad, lo que puede propiciar que cuando se aplique al suelo actúe como corrector de este parámetro, en los casos en que sus magnitudes estén por debajo o por encima del neutro [Azevedo *et al.*, 2001]. Este aspecto, es importante ya que a valores de pH cercanos a la neutralidad los macronutrientes tienen alta movilidad en el suelo y su mayor tasa de asimilación por las plantas; mientras que la absorción de los metales pesados por las mismas se ve limitada y de esta manera se evita que las plantas absorban niveles extremadamente excesivos o tóxicos de estos elementos, fenómeno que suele ocurrir en plantas desarrolladas en sustratos con pH ácido como ha sido informado por Matolva *et al.* [1989].

La conductividad eléctrica se halló entre los niveles aceptados para este tipo de residuo, por lo que la incorporación de este efluente al suelo, no debe influir en el poder de infiltración de las sales ni obstaculizará la absorción, tanto del agua como de otros iones presentes en el suelo, que incidirán directamente en las plantas o cultivos [Seoánez, 2000].

En el proceso de digestión anaerobia actúan diversos microorganismos que facilitan la degradación de la materia orgánica, el efluente estabilizado, que se obtiene de este proceso no es putrescible y su contenido en organismos patógenos es nulo o muy bajo. Esta conversión biológica del sustrato complejo, en el que se encuentra la materia orgánica en suspensión o disuelta, se realiza a través de una serie de reacciones bioquímicas que transcurren tanto consecutiva como simultáneamente [Strauss, 1985; Cairncross *et al.*, 1990; Vives, 2003; Jiménez *et al.*, 2010]. Todo lo anterior evidencia que el proceso de depuración mediante digestión anaerobia operó en el período de estudio de manera eficiente, lo que se refleja con lo mostrado en la tabla 3.



Fig. 1. Esquema experimental del Ensayo de Campo.

Tabla 1. Caracterización química de los efluentes de los biodigestores

Muestra	%								ms/cm
	M.O	Ca	N	P	Mg	K	C/N	pH	CE
Pedro Pi	48	8,5	2,3	1,6	1,3	0,9	13/1	7,3	1,2
Metales pesados (mg kg ⁻¹ base seca)									
	Cd	Cr	Cu	Co	Ni	Pb	Zn	Mn	
	0,60	7,21	4,20	0,30	0,80	20,9	13,4	23,7	

Tabla 2. Principales características químicas de los suelos

Momento de muestreo	Tipo de Suelo	%		mg.kg ⁻¹			cmol.kg ⁻¹		
		M.O	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Na	K
inicio	Ferralítico Rojo	2,13	7,20	217,57	245,31	10,3	2,20	0,15	1,03
Final	Ferralítico Rojo (T)	2,44	7,10	220,22	248,58	9,2	2,00	0,13	1,01
	4 tn	2,62	7,00	275,32	296,62	10,6	2,10	0,12	1,25
	6 tn	2,66	7,00	290,67	298,28	10,8	2,50	0,13	1,30
	8 tn	2,88	6,80	295,41	301,25	12,0	2,40	0,12	1,35

Tabla 3. Análisis de microorganismos patógenos en muestras del efluente líquido residual de la planta de biogás La Inesita en Pedro Pi

Efluente (muestra)	Determinación solicitada			
	Coliformes totales NMP/100ml	Coliformes fecales NMP/100ml	<i>Salmonella</i> ssp. (P/A)	<i>Vibrio cholerae</i> (P/A)
1	90	8	Ausente	Ausente
2	92	<1,8	Ausente	Ausente
3	62	<1,8	Ausente	Ausente

Dónde: NMP: Número más probable

Evaluación agronómica del efluente

El efluente fue evaluado como enmienda orgánica en el cultivo de ajo y tomate para demostrar científicamente sus comportamientos en los indicadores de rendimientos de ambos cultivos, reflejando en este sentido resultados positivos en cuanto al peso del bulbo, número y peso del fruto con un rendimiento beneficioso de 5,74 y 72,88 kg.ha⁻¹ respectivamente, con las mayores aplicaciones de efluentes superando al testigo en 1,84 y 19,4 kg.ha⁻¹ en ambos cultivos (Tabla 4).

Las evidencias de los incrementos de producción en 1,84 y 19,4 kg.ha⁻¹ en ambos cultivos, con la incorpora-

ción de los efluentes (6 y 8 tn.ha⁻¹) no son solamente el resultado de un mayor aporte de nutrientes a los cultivos, sino que son producto de las mejoras en las propiedades químicas del suelo, receptor de estos materiales orgánicos [Seoáñez, 2008; Soliva, 2001].

El uso de los efluentes ha sido probado en varios países y en diferentes cultivos, reportando incrementos en las cosechas y mejoramientos en las propiedades del suelo [Kanwar *et al.*, 1993] a diferencia de los fertilizantes químicos que reducen la productividad de la tierra [Narain, 1990]. En Cuba se ha experimentado en cultivos de organopónicos y en el cultivo del frijol con buenos resultados [Negrín, 2012].

Tabla 4. Efecto de la aplicación de efluente de la planta de biogás sobre algunos parámetros de rendimientos del cultivo de ajo y tomate

Tratamientos	AJO			TOMATE		
	Diámetro (cm)	Peso g (20 bulbos)	Rendto kg.ha ⁻¹	N ^o de fruto (10ptas)	Peso g(10ptas)	Rendto kg.ha ⁻¹
Control	5,00 ns	519,44 c	3,90 c	28 b	35,20 b	53,44 c
4 tn.ha ⁻¹	5,84 ns	600,43 b	4,50 b	25 c	36,66 b	56,36 b
6 tn.ha ⁻¹	6,24 ns	725,25 a	5,44 a	35 a	41,27 a	72,88 a
8 tn.ha ⁻¹	6,27 ns	765,21 a	5,74 a	35 a	41,02 a	72,30 a
CV %	15,14	3,91	3,94	4,91	4,48	1,19

Medias en una columna con letras distintas, son diferentes significativamente para p < 0,05 de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Duncan.

Conclusiones

El efluente líquido no presenta signos de contaminación por microorganismos patógenos perjudiciales para la salud humana, aunque se recomienda su monitoreo constante.

Los impactos ambientales obtenidos confirmaron que el efluente de las plantas de biogás es una alternativa viable y sostenible para la agricultura cubana.

La aplicación del efluente como enmienda orgánica incidió positivamente en el comportamiento de los indicadores químicos del suelo y contribuyó de manera favorable en la productividad agrícola de los cultivos de ajo y tomate, así como en el incremento de los rendimientos.

Referencias bibliográficas

AZEVEDO, M.L., L. R. FERRACCIÚ Y L.R. Y GUIMARAES (2003). «Biosolids and heavy metals in soils». *Science of Agriculture*, 60:793-806.

AZEVEDO, M. L., A. DE ROCHA, M. R. LIMA Y M. DE POHLMAN (2001). «Efeito residual do lodo de esgoto alcalinizado em atribui-

tos químicos e granulométricos de um cambissolo húmico». *Scientia Agraria*, 2(1-2):87-91.

CAIRNCROSS, S. Y D. MARA (1990). «Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura». Organización Mundial de la Salud. Ginebra, p 210.

DALAL R. C. Y R. J. MAYER (1986). «Long term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in southern Queensland. II. Total organic carbon and its rate of loss from the soil profile». *Aust. J. Soil Res.* 24: 281-292.

DUNCAN, D. (1954). «Multiple range and Multiple Test. Biometric». 1-8, 11-12.1954.

FUNES-MONZOTE, FERNANDO R. (2009). *Agricultura con futuro. La alternativa agroecológica para Cuba*. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Cuba.

INSTITUTO DE SUELOS (1999). «Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba». AGROINFO, MINAGRI. La Habana. 64 pp.

KANWAR, S., H. NAYYAR AND D. WALIA (1993). «Influence of biogas slurry on germination and early seedling growth of bread wheat». *Biogas Forum III*. 54:10 – 11.

- MATOLVA, E., G. C. VITTI Y S. A. DE OLIVEI (1989). «Avalicao do estado nutricional das plantas: principios y aplicacoes». Piracicaba:Associacao.Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p 201.
- MEDINA, N. (2004). «La biofertilización como alternativa dentro de la Agricultura Sostenible». En: IV Simposio Internacional sobre caracterización y manejo de micorrizas rizosféricas. INCA, La Habana, Cuba, p. 207.
- NARAIN, L. (1990). «Chemical fertilizers polluting land and water but NADEP compost offers solution». *BiogásFórum*. 40: 8 – 12.
- NEGRÍN A. Y YAMILÉ JIMÉNEZ PEÑA (2012). «Evaluación del efecto agronómico del biosólidos procedentes de una planta de tratamiento por digestión anaerobia de residuales pecuarios en el cultivo del frijol (*phaseolus vulgaris* l.)». *INCA, Cultivos Tropicales*, vol. 33, no. 2, p. 13-19 abril-junio. Cuba.
- SEOÁNEZ, C. M. (2000). *Tratado de reciclado y recuperación de productos de los residuos*. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona.
- SEOÁNEZ, C. M. (2008). *Tratado de reciclado y recuperación de productos de los residuos*. Ediciones Mundi-Prensa.Madrid. Barcelona: p.180.
- SHORBER, A., R. C. STEHOUWER Y K. MACNEAL (2003). «Eon.Farm assessment of biosolid effects on soil and crop tissue quality». *Journal of Enviroment quality*, 32(5):1873-1880.
- SOLIVA, M. (2006). «Aplicación de lodos resultantes de la depuración de aguas residuales urbana en la agricultura. IQPC». En: Fórum Internacional sobre tratamiento de lodos de depuradoras. Su minimización, valorización y destino final. Madrid, pp. 21.
- VIVES, C. (2003). Presentación y argumentación de un Sistema de tratamiento de cerdo por fermentación anaeróbica con recuperación de gas en Agrosuper. *Gestión Ambiental*, pp. 34.
- JIMÉNEZ, YAMILÉ L. VALDÉS, MILAGROS MARRERO, YANIA PÉREZ, VANIA VIDAL Y A. NEGRÍN (2010). «Caracterización del biosólidos generados por una planta de digestión anaerobia, perspectivas de utilización». *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, Volumen 17 (número 1).

Recibido: Enero 2019

Aceptado: Febrero 2019