

Evaluación Económica Del Cultivo De Acelga (*Beta Vulgaris* var. Cicla) Usando Biol Como Fertilizante Orgánico

Myrna Solís¹, Diego Reyes², Aida Solís³, Herminia I., Pérez³ & José Luis Gil⁴

Resumen

En la actualidad, entre los problemas ambientales mundiales más importantes se encuentra la pérdida de fertilidad de los suelos y la elevada generación de residuos orgánicos, en este último caso la dificultad en su disposición genera problemas de contaminación y de salud. En el presente trabajo se evaluó el proceso de digestión anaeróbica de estiércol de vaca y cerdo, para producir biogás como fuente alterna de energía y un fertilizante (biol), el cual se aplicó al cultivo de acelga. La digestión de estiércol de vaca produjo biogás combustible, no así con estiércol de cerdo. El biol proveniente de la digestión anaeróbica de estiércol de cerdo incrementó el desarrollo de las plantas de acelga, logrando un aumento del 22.7% en la producción total de biomasa de la parte aérea, con respecto a la obtenida con el control y a menor costo. La mayoría de las plantas mostraron pesos mayores a 150 g, mientras que con el control los pesos estuvieron entre 51 y 100 g. Con el biol obtenido de la digestión de estiércol de vaca, así como con un concentrado comercial de fitohormonas no mejoró el rendimiento del cultivo.

Palabras Clave: digestión anaeróbica, acelga, biol, fertilizante orgánico, residuos

Abstract

Nowadays, between the most important environmental problems are the loss of fertility of the soils and the high generation of organic residues, in the latter case the inefficient disposal generates problems of pollution and hazard to health. In the present work was evaluated the process of anaerobic digestion of cow and pork manure, to produce biogas as alternative source of energy and a fertilizer (biol), that was applied to the crop of chard. The digestion of cow manure produced a combustible biogas, but the biogas from the pork manure was not combustible. The biol from the anaerobic digestion of pork manure increased the biomass production of chard in 22.7 %, with respect to the control. In the presence of biol from the digestion of pig manure, the weight of most of the plants was higher than 150 g, whereas with the control the weight was between 51 and 100 g. The biol obtained from the digestion of cow manure, as well as the commercial concentrate of phytohormones did not improve the chard biomass.

Keywords: anaerobic digestion, chard, biol, organic fertilizer, waste

¹Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada, Carretera Estatal Santa Inés Tecuexcomac-Tepetitla km. 1.5, Tepetitla de Lardizábal, C.P. 90700, Tlaxcala, México.

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Biología, Blvd. Valsequillo y Av. San Claudio, Ciudad Universitaria, Col. Jardines de San Manuel, C. P. 72570, Puebla, México.

³Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán, C.P. 04960, D.F. México.

⁴Universidad Politécnica del Estado de Morelos, Boulevard Cuauhnáhuac 566, Col. Lomas del Texcal, Jiutepec, Morelos. C.P. 62550, México.

1. Introducción

1.1 Fertilizantes

Según la FAO (2015), el uso de fertilizantes químicos en la producción agropecuaria tiene efecto profundo en el medio ambiente, es la principal fuente de contaminación del agua por nitratos, fosfatos y plaguicidas. También son la mayor fuente antropogénica de gases responsables del efecto invernadero, metano y óxido nitroso, y contribuyen en gran medida a otros tipos de contaminación del aire y del agua.

A pesar de esto, se ha incrementado el consumo de fertilizantes a nivel mundial, entre 1960 y 2002 la tasa de crecimiento del volumen de fertilizantes consumidos en Estados Unidos fue de 152%, 31% de la Unión Europea, 5340% de China y 796% en México (FAOSTAT). Los fertilizantes químicos y, en general, los insumos agrícolas aumentan la productividad agrícola en los primeros años que se usan, sin embargo, se sabe que la productividad no se sostiene por mucho tiempo. El uso de fertilizantes químicos inciden en problemas de fertilidad del suelo, además pueden afectar la densidad de la población microbiana y las propiedades físico-químicas de los suelos, lo que lleva a la baja en el rendimiento de los cultivos, a largo plazo (Saghir et al., 2009).

La pérdida de fertilidad es uno de los problemas que enfrenta la humanidad, el cual repercute de manera importante en la obtención de alimentos para la creciente población a nivel mundial. Uno de los parámetros más importantes para la fertilidad del suelo es su contenido de carbono orgánico (Viane et al., 2015), para incrementarlo se han seguido diversas prácticas como son la aplicación de residuos orgánicos. El uso directo de residuos orgánicos es una estrategia económica, sin embargo no es apropiada para los suelos agrícolas, ya que dichos residuos podrían contener compuestos tóxicos, patógenos, semilla de malezas y metales pesados (Ahmad et al., 2007). Una alternativa es el composteo de residuos orgánicos, para la obtención de biofertilizantes.

1.2 Bioeconomía

La bioeconomía es el conjunto de actividades económicas para obtener productos y servicios, generando valor económico, utilizando como elementos fundamentales recursos biológicos. Su objetivo es la producción y comercialización de alimentos, así como productos forestales, bioproductos y bioenergía, obtenidos mediante transformaciones físicas, químicas o biológicas de la materia orgánica no destinada al consumo humano o animal y que impliquen procesos respetuosos con el medio, así como el desarrollo de los entornos rurales. La biomasa puede ser obtenida de cultivos, pastos, árboles, algas, residuos agrícolas e industriales, los cuales pueden ser aprovechados para la obtención de diversos productos con el uso de la biotecnología (OECD, 2009).

El aprovechamiento de residuos es una importante contribución para estimular la bioeconomía, de ser un problema puede ser transformado en una fuente para obtener diversos productos que actualmente se obtienen de materias primas fósiles. Entre los bioprocesos que usan residuos como fuente de sustratos están el compostaje y la digestión anaeróbica.

1.3 Digestión anaeróbica

La digestión anaeróbica (DA) es la descomposición microbiana de la materia orgánica en ausencia de oxígeno; el principal producto es el biogás, formado por metano y dióxido de carbono. El biogás puede ser usado como fuente alterna de energía, su contenido de metano es mayor al 45%. Además de biogás se obtiene como subproducto el digestato. La DA abarca una serie compleja de reacciones bioquímicas simultáneas, que involucran un número considerable de especies microbianas; el nivel de eficiencia del metabolismo de cada grupo de microorganismos, depende de los otros grupos y en su conjunto la mayor o menor producción de biogás y la calidad del digestato, es decir, de la estabilización de los residuos (Chen et al., 2008).

El digestato es el efluente resultante de la digestión anaeróbica y consta de dos partes, el biosólido (parte sólida) y el biol (parte líquida). El biol es un producto importante de la DA, ya que su empleo en el suelo agrícola ha dado resultados notables como mejorador de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, así como un incremento en la productividad de las cosechas (Potschka 2012). La composición del biol depende de varios factores, pero en promedio se puede estimar que contiene entre 2 y 3% de nitrógeno, 1 y 2% de fósforo, 1% de potasio (Herrero, 2008), fitohormonas, como el ácido indol acético (auxinas), giberelinas, purinas y citoquininas que promueven actividades fisiológicas y estimulan el desarrollo de las plantas (Campero, 2012). Por otro lado, el biosólido puede contribuir a la renovación de la materia orgánica del suelo, mejorando así sus características biológicas y físico-químicas (Makadi et al., 2012).

En diversos estudios se ha evaluado el efecto del biol en el desarrollo vegetal, por ejemplo Bermejo et al., (2010) evaluaron el efecto fertilizante sobre cultivo desorgo (*Sorghum bicolor*) de digestatos sólidos y líquidos obtenidos por DA de diversas mezclas que contenían estiércol de vaca y forraje. Haraldsen et al., (2011) realizaron un estudio con diversos fertilizantes orgánicos utilizados en cultivo de cebada (*Hordeum vulgare*), entre ellos un digestato líquido obtenido a partir de la DA de residuos orgánicos domésticos, y los compararon con un fertilizante comercial; obtuvieron un rendimiento igual con el digestato y con el fertilizante comercial, por lo cual recomiendan el uso del digestato líquido como fertilizante para cereales como la cebada. Alburquerque et al., (2012) usaron 12 digestatos procedentes de DA de estiércol de cerdo y de vaca con diferentes residuos agroindustriales, encontraron que dos de ellos estimularon el crecimiento del berro (*Lepidium sativum*) y de la lechuga (*Lactuca sativa*).

1.4 La acelga (*Beta vulgaris* var. Cicla)

La acelga es una hortaliza de hojas verdes y tallos gruesos, que pertenece a la familia de las quenopodiáceas, tiene alto contenido de vitamina A (Macías et al., 2003), aunque la acelga se cultiva durante todo el año, su mejor época es desde el otoño hasta la primavera. La acelga ha sido considerada como alimento básico; para su cultivo se necesitan suelos de consistencia media, crece mejor cuando la textura tiende a arcillosa. Requiere suelos profundos, permeables, con gran poder de absorción y ricos en materia orgánica en estado de humificación. Es un cultivo que soporta muy bien la salinidad del suelo, resistiendo bien a cloruros y sulfatos, pero no tanto al carbonato sódico. Requiere suelos algo alcalinos, con un pH óptimo de 7.2. Los requerimientos de nitrógeno son elevados desde que comienza el rápido crecimiento de la planta hasta el final del cultivo. Las necesidades de potasio son elevadas a lo largo de todo el ciclo de cultivo. Es una hortaliza con gran demanda de nutrientes, su contenido de minerales y su productividad están influenciados por la cantidad, frecuencia y método de fertilización (Santamaría et al., 1999), comúnmente para satisfacer sus necesidades se utilizan fertilizantes minerales, lo que ha provocado efectos colaterales dañinos al medio ambiente.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la digestión anaeróbica de estiércol de vaca y de cerdo para la producción de biogás y de biol, así como determinar si este último puede ser usado como un sustituto de los fertilizantes químicos en el cultivo de acelga.

2. Metodología

2.1 Proceso de digestión anaeróbica

Se montaron dos digestores de plástico de 120 L, alimentados uno con estiércol de vaca y otro con estiércol de cerdo, considerando el 7% de sólidos base seca y al 70% de su capacidad. Se extrajo el aire con una bomba de vacío, los contenedores se mantuvieron entre 20 y 29°C durante 78 días, se midió semanalmente el pH del líquido, así como la producción de biogás y su contenido de metano; al término de este tiempo se filtró para obtener el biol y se determinó el índice de germinación, como una forma de evaluar la fitotoxicidad.

2.1 Métodos analíticos

Los métodos analíticos seguidos fueron:

- El pH se midió con un potenciómetro (CONDUCTRONIC pH120).
- La producción de biogás se midió por desplazamiento de agua de acuerdo con Boe et al., (2010).
- El contenido de metano se cuantificó por cromatografía de gases, usando un detector de conductividad térmica (TCD) y una columna capilar HP-PLOT Q de 0.53 mm x 30 m, nitrógeno como gas acarreador. La temperatura inicial del horno fue 40°C por 3 minutos, incrementando a razón de 30°C por minuto para finalizar a 240°C. La temperatura del inyector fue 220°C y del detector 250°C.

Se determinó el índice de germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*), aplicando los bioles (al 1, 5 y 10%) de acuerdo con la metodología propuesta por Zucconi et al., (1981)

2.3 Cultivo de acelga en invernadero

Para evaluar el cultivo de acelga, se utilizaron 4 camas de 15 m de largo x 0.2 m de alto x 0.3 m de ancho, se colocaron 4 semillas de acelga cada 30 cm. Se seleccionó una cama para cada tratamiento, mismos que se aplicaron cada 10 días de forma foliar:

- Tratamiento 1) aplicación de 500 mL de biol del estiércol de vaca al 50%,
- Tratamiento 2) aplicación de 500 mL de biol del estiércol de cerdo al 50%,
- Tratamiento 3) aplicación de 500 mL de Agromil al 1%, un concentrado comercial de fitohormonas.
- Control aplicación de 500 mL de Regena al 0.2%, producto comercial que aplica el productor de acelga donde se llevó a cabo el experimento, en Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala; Regena consiste en una combinación de minerales, materia orgánica vegetal y ácido húmico.

El riego se realizó conforme fuera necesario para mantener la humedad del cultivo. Después de 30 días se contaron las plantas, se cuantificó la biomasa y se midió la longitud de la parte aérea fresca y la elongación radicular.

2.4 Análisis económico

Se evaluó el costo de cada tratamiento por kilogramo de acelga producido, se calculó el costo de producción de los bioles, considerando el transporte de los estiércoles a los invernaderos y la mano de obra, así como el precio de los productos comerciales aplicados: Tratamiento 3 (Agromil) y Control (Regena). Posteriormente se determinó el % de incremento en la ganancia comparada con el control, se tomó como base que el precio de la acelga en 2015 fue de 0.47 euros que equivale a \$8.80 por kilogramo (Boletín agrario.com, 2015).

3. Resultados

3.1 Digestión anaeróbica de estiércol de vaca

La variación del pH, producción de biogás acumulado, así como el contenido de metano registrados durante el proceso de digestión anaeróbica del estiércol de vaca se muestra en la figura 1. Se observa un descenso del pH en las dos primeras semanas, debido a la formación de ácidos en las etapas hidrolítica y acidogénica, donde las proteínas, carbohidratos y lípidos son descompuestos en productos más sencillos como aminoácidos y azúcares, los cuales posteriormente son transformados en ácidos grasos volátiles. Después de la segunda semana el pH va incrementando, debido a que los ácidos grasos volátiles son consumidos por las bacterias acetogénicas y metanogénicas, dando como productos finales metano y dióxido de carbono principalmente (Al-Seadi et al., 2008). Desde la tercera semana, el pH fue mayor a 7, lo cual favoreció la etapa metanogénica, ya que ésta se inhibe a pH menor a 6.5 (Soria et al., 2001); a partir de la tercera semana se incrementó la producción de biogás, al final del proceso (78 días) se obtuvieron 218 L con un contenido de metano del 47%, por lo que el gas se considera combustible (Al-Seadi et al., 2008). La DA del estiércol de vaca puede ser aprovechada como fuente de energía alterna.

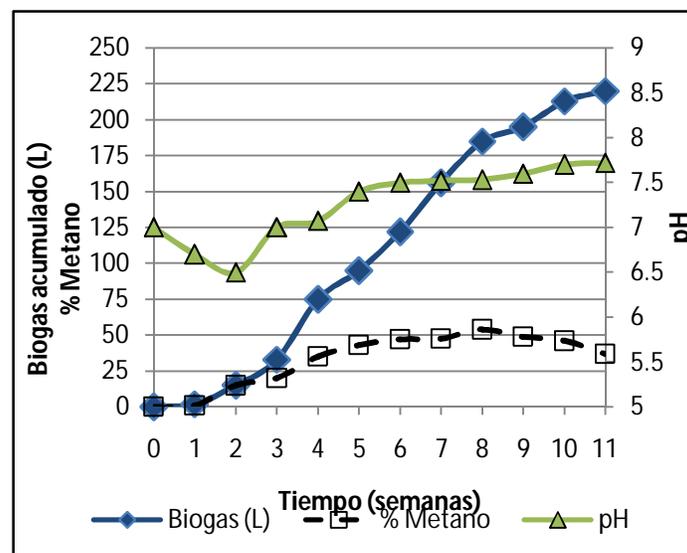


Figura 1. Variación del pH, producción acumulada de biogás y metano durante la digestión anaeróbica de estiércol de vaca

3.2 Digestión anaeróbica con estiércol de cerdo.

La figura 2 muestra la variación en el pH, la producción acumulada de biogás y su contenido de metano; al igual que en el digester alimentado con estiércol de vaca, al inicio el pH disminuyó por la formación de ácidos grasos volátiles y después de la segunda semana se incrementó y posteriormente volvió a disminuir. Durante todo el proceso el pH no fue mayor a 6.5, lo cual afectó la digestión anaeróbica y la producción de metano. Soria et al., (2001), indican que el pH óptimo para llevar a cabo la operación de un digester oscilan entre 6.5 y 8. Esto indica que es muy importante controlar el pH para que se produzca metano. Al final se obtuvo una producción total de 188.7 L de biogás durante los 78 días, con un porcentaje máximo de metano del 17.4%, por lo que el biogás no fue combustible.

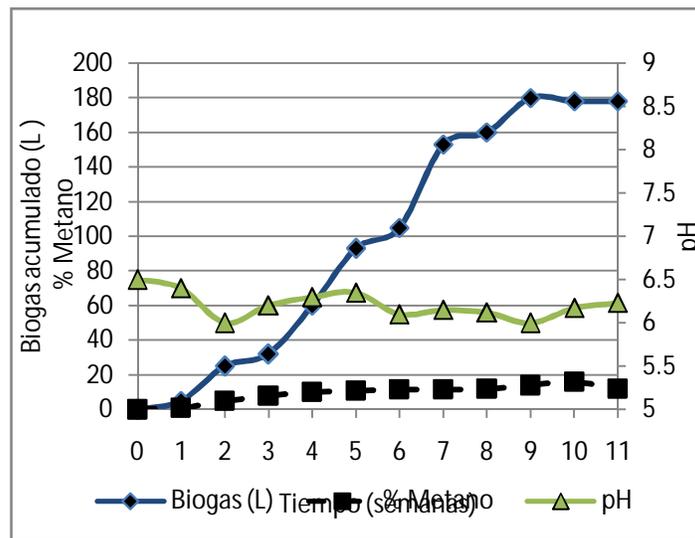


Figura 2. Variación del pH, producción acumulada de biogás y contenido de metano durante la digestión anaeróbica de estiércol de cerdo

3.3 Evaluación del índice de germinación de los bioles

A los 78 días se filtró el digestato para obtener el biol. Se determinó el índice de germinación (IG), que es una manera de determinar si una sustancia es fitotóxica. La tabla 1 muestra el IG obtenido al aplicar los bioles al 1, 5 y 10% en semillas de lechuga (*Lactuca sativa*), comparando con el IG obtenido en presencia de agua destilada.

Tabla 1. Índice de germinación de semillas de lechuga aplicando los bioles

Concentración del biol (%)	% IG con biol de estiércol de vaca	% IG con biol de estiércol de cerdo
1	117	120
5	116	105
10	107	104

Según Zucconi et al.,(1981) un material no es fitotóxico si su IG es mayor al 80%, comparado con el control usando agua destilada. Se observa que ambos bioles no fueron fitotóxicos las tres concentraciones probadas, por lo que pueden aplicarse a cultivos.

3.4 Cultivo de acelga en invernadero

El acelga se cultivó en suelo al cual se aplicaron los tratamientos 1-3 y el control, después de 30 días se cosecharon las plantas, en la figura 3 se muestra la longitud promedio, así como el peso promedio del follaje y de la raíz de las plantas obtenidas en los tres tratamientos y el control.

Se observa (figura 3) que con el biol obtenido de la digestión del estiércol de cerdo (Tratamiento 2) se obtuvo el mayor peso y la longitud promedio de la parte aérea, seguida por las plantas del control, después las plantas donde se aplicó el biol de la digestión anaeróbica de estiércol de vaca (Tratamiento 1) y el menor peso y longitud aéreas promedio se obtuvieron con el concentrado de fitohormonas (Tratamiento 3). En el caso de las raíces no se observa diferencia entre el tamaño y el peso de la raíz promedio comparando la aplicación de los dos bioles y el control, pero sí con el tratamiento 3 donde tuvieron el menor desarrollo.

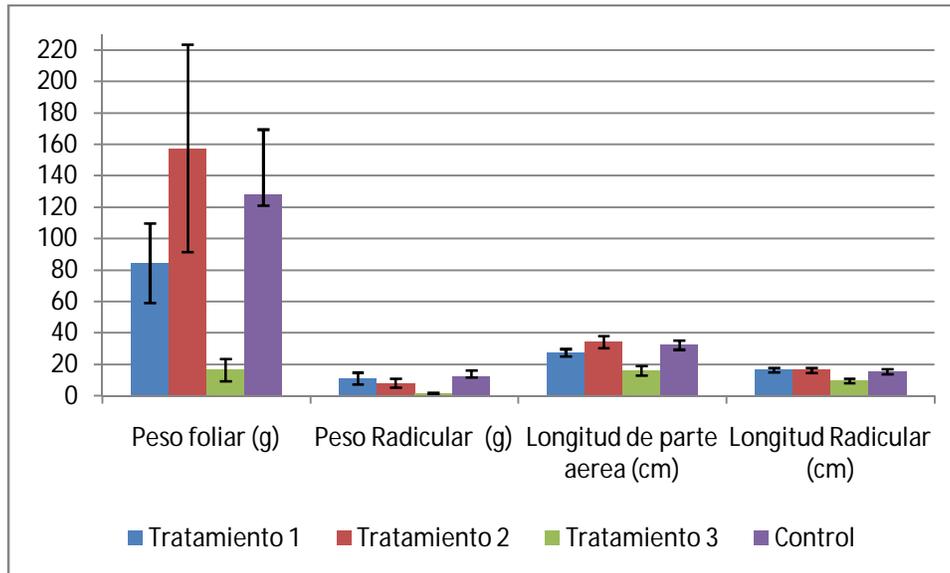


Figura 3. Distribución de la biomasa de las plantas con cada uno de los tres tratamientos y el control

La producción total de acelga, considerando únicamente la parte aérea, que se obtuvo con cada tratamiento fue: 2.02 kg con el tratamiento 1 (estiércol de vaca); 3.78 kg con el tratamiento 2 (estiércol de cerdo); 3.08 kg con el control y 0.38 kg usando el tratamiento 3 (concentrado comercial de fitohormonas). Al aplicar el biol de la DA de estiércol de cerdo se obtuvieron 22.7% más del peso total de acelga comparado con el obtenido con el control y 87% más que aplicando el biol proveniente de la DA de estiércol de vaca. Cabe destacar que con la DA del estiércol de vaca se obtuvo biogás combustible, no así con el estiércol de cerdo. La diferencia en los resultados obtenidos por los dos estiércoles, en cuanto a la cantidad de metano obtenida y su uso como fertilizante, se podrían explicar de acuerdo con Soria et al., (2001), quienes indican que a mayor degradación se obtiene menor cantidad de biogás pero un efluente más degradado, con excelentes características como fuente de nutrientes.

El tratamiento 3, consistió en la aplicación del producto Agromil, que es un concentrado de hormonas vegetales; éste no incrementó el rendimiento de acelga, ya que este cultivo tiene altos requerimientos de nitrógeno y potasio a lo largo de todo el ciclo de cultivo (Santamaria et al., 1999), los cuales no fueron aportados por el producto comercial. La figura 4 muestra un histograma de pesos, donde se observa que con la aplicación del biol de estiércol de cerdo se obtuvieron mayoritariamente plantas con peso promedio mayor a 150 g, mientras que en el control los pesos de las plantas estuvieron entre 100 a 150 g; con la aplicación de biol de estiércol de vaca los pesos fueron menores a 100 g; finalmente, con Agromil los pesos fueron menores a 50 g.

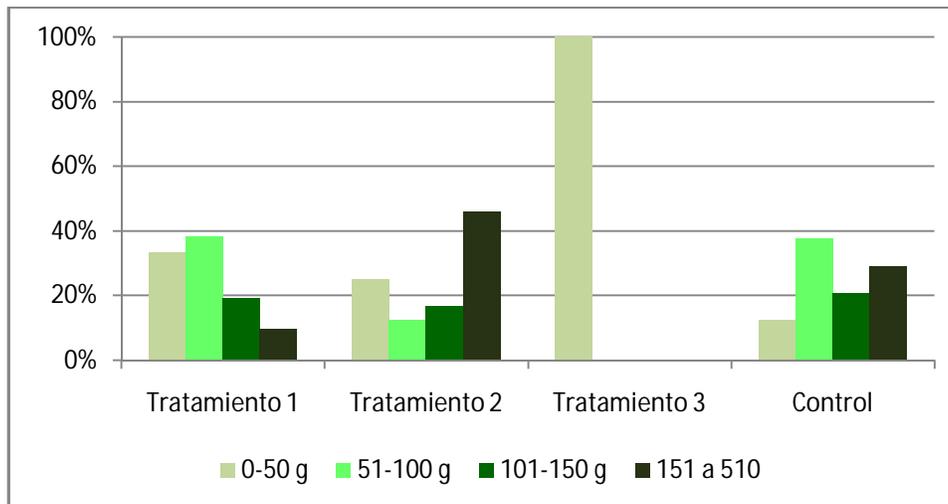


Figura 4. Pesos de parte aérea de acelga obtenida con los tres biofertilizantes y el control.

3.5 Análisis económico del cultivo de acelga

En la tabla 2 se muestra la producción total de acelga obtenida con cada tratamiento, así como los costos de aplicación de cada tratamiento por kilogramo de acelga obtenido, así como la ganancia que se obtendría por la venta de acelga respecto al control. El costo de aplicación del biol obtenido de la digestión de estiércol de cerdo (\$/kg acelga) fue ligeramente menor al control y se obtiene una mayor producción de acelga usando el biol.

Tabla 2. Análisis económico de la producción de acelga.

Tratamiento	Producción total (kg acelga)	Costo de aplicación de tratamiento (\$/kg acelga)	% Ganancia respecto al control
Tratamiento 1	2.02	\$3.04	-38.6%
Tratamiento 2	3.78	\$2.60	23.5%
Tratamiento 3	0.38	\$3.96	-90.3%
Control	3.08	\$2.64	-----

Según datos del Boletín agrario.com (2015) el precio promedio de la acelga es de 0.47 euros el kilogramo, esto es \$8.80 pesos, con este dato se calculó la ganancia que se puede obtener respecto al control. Se encontró que usando como fertilizante el biol proveniente de la DA de estiércol de cerdo se obtiene una ganancia del 23.5% mayor que respecto al control. No se recomienda, para cultivo de acelga, el uso del biol resultante de la DA de estiércol de vaca ni el concentrado de fitohormonas, ya que con ambos se obtiene menor cantidad de acelga que con el control.

Conclusiones

Los estiércoles se pueden aprovechar para la obtención de productos de interés, como son el biogás y fertilizantes orgánicos. Para la producción de biogás combustible resultó adecuada la DA del estiércol de vaca. La acelga es una hortaliza con gran demanda de nutrientes, su contenido de minerales y su productividad están influenciados por la cantidad, frecuencia y método de fertilización (SANTAMARIA et al., 1999), comúnmente para cubrir sus requerimientos nutrimentales se utilizan fertilizantes minerales, lo que ha provocado efectos colaterales dañinos al medio ambiente. Con este proyecto se determinó que es posible la aplicación del biol de estiércol de cerdo para mejorar el cultivo de acelga y eliminar la necesidad del uso de fertilizantes químicos, lo cual traerá un beneficio económico, ya que se producirán acelgas de mayor tamaño y peso, así como un beneficio ambiental, al reducir los efectos colaterales del uso de fertilizantes químicos.

Bibliografía

- Albuquerque, J. A., de la Fuente, C., Ferrer-Costa, A., Carrasco, L., Cegarra, J., Abad, M. & Bernal, M. P. (2012). Assessment of the fertilizer potential of digestates from farm and agroindustrial residues. *Biomass and Bioenergy*, 40, 181-189.
- Al-Seadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Kottner, M., Finsterwalder, T., Volk, S. & Janssen, R. (2008). *Biogas handbook*. University of Southern Denmark Esbjerg. Esbjerg, Dinamarca.
- Ahmad, R., Jilani, G., Arshad, M., Zahir, A.Z. & Khalid, A. (2007). Bio-conversion of organic wastes for their recycling in agriculture: an overview of perspectives and prospects, *Annals of Microbiology*, 57 (4), 471-479.
- Bermejo, G., Ellmer, F. & Kruck, S. (2010). Use of dry and wet digestates from biogas plants as fertilizer in plant production. *Green Week Scientific Conference 2010: Challenges of Education and Innovation*. Berlin, Alemania.
- Boe, K., Batstone, J. D., Steyer, J.P. & Angelidaki, I. (2010). State indicator for monitoring the anaerobic digestion process. *Water Research*, 44, 5973-5980.
- Boletín agrario.com (2015), [Online] Available: http://www.boletinagrario.com/ap-39_observatorio-precios.22.html (September 9, 2015).
- Campero, O. R. (2012). Sistema integral tratamiento de residuos de granja lechera mediante la biodigestión anaerobia en el Perú. *Revista Desarrollo Local Sostenible*, 5(14), 1-9
- Chen, Y., Cheng, J. J. & Creamer, K.S. (2008). Inhibition of anaerobic digestion process: A review. *Bioresource Technology*, 99, 4044-4064.
- FAO, Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Informe resumido, Oficina del Subdirector General (Departamento Económico y Social), [Online] Available: <http://www.fao.org/3/a-y3557s/y3557s11.htm> (October 2, 2015).
- FAOSTAT, [Online] Available: http://193.43.36.221/DesktopDefault.aspx?Page_ID=575&lang=es#anchor (October 2, 2015).
- Haraldsen, T.K., Andersen, U., Krogstad, T. & Rheim, R.S. (2011). Liquid digestate from anaerobic treatment of source-separated household waste as fertilizer to barley. *Waste Management and Research*, 29(12), 1271-1276.
- Herrero, J.M. (2008). *Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación*. Cooperación Técnica Alemana-Programa de Desarrollo Agropecuario (PROAGRO). La Paz, Bolivia. 81 p.
- Macías, de C.S., Montenegro, M.A., Arregui, T., Sánchez, de P.M.I., Nazareno, M.A., López, de M.B. (2003). Characterization of fresh *Beta vulgaris* from Santiago del Estero (Argentina). Nutrient and carotenoid content of stem and leaves. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 23, 33-37.
- Makadi, M., Tomocsik, A. & Orosz, V. (2012). Digestate: A New Nutrient Source Review. En: Kumar S. (Ed.) *Biogas*. InTech. Rijeka, Croacia. 295-310 pp.
- OECD (2009). *The Bioeconomy to 2030 designing a policy agenda*. <http://www.oecd.org/futures/bioeconomy/2030> (August 28, 2015).
- Potschka, J. (2012). Biodigestores plásticos: producción de biogás con una inversión inicial de 1.010 y una vida útil de 10 años. *Producir XXI*, 20(243), 20-24.
- Saghir-Khan, M., Zaidi, A., Ahmad-Wani, P. & Oves, M. (2009). Role of plant growth promoting rhizobacteria in the remediation of metal contaminated soils. *Environmental Chemistry Letters*, 1(1), 1-19.
- Soria, M.J., Ferrera, R., Etchevers, J., Alcantar, G., Santos, J.T., Borges, L. & Pereyda, G. (2001). Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. *TERRA Latinoamericana*, 4(19), 353-362.
- Zucconi, F., Pera, A., Forte, M. & De Bertoldi, M. (1981). Evaluating toxicity of immature compost. *Biocycle*, 22, 54-57.