



Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas

ISSN: 2007-0934

revista\_atm@yahoo.com.mx

Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias

México

Bustos Barrera, Edgar Esteban; Solís Oba, María Myrna; Castro Rivera, Rigoberto;  
Ocaranza Sánchez, Erik; Tapia López, Lilia; García Barrera, Laura Jeannette; Solís Oba,  
Aida

Estudio comparativo del cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo diferentes  
esquemas de fertilización

Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 8, núm. 5, junio-agosto, 2017, pp. 1195-  
1201

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias  
Estado de México, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263152411013>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## Estudio comparativo del cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo diferentes esquemas de fertilización\*

### Comparative study of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) culturing under different fertilization schemes

Edgar Esteban Bustos Barrera<sup>1</sup>, María Myrna Solís Oba<sup>1§</sup>, Rigoberto Castro Rivera<sup>1</sup>, Erik Ocaranza Sánchez<sup>1</sup>, Lilia Tapia López<sup>1</sup>, Laura Jeannette García Barrera<sup>1</sup> y Aida Solís Oba<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional-Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada. Carretera Estatal Santa Inés Tecuexcomac-Tepetitla km 1.5. Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala, México. CP. 90700. Tel. fax: 01 (248) 48 70765. (e.bustos@live.com.mx; rigocastro4@hotmail.com; erikocaranza@hotmail.com; tapialopezli@hotmail.com; lbarrera19@hotmail.com). <sup>2</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco. Calzada del Hueso 1100. Colonia Villa Quietud, Coyoacán, Cd. México. CP. 04960. Tel. 01 (55) 54837255. (asolis@correo.uam.xoc.mx.) <sup>§</sup>Autor para correspondencia: myrobatlx@yahoo.com.mx.

## Resumen

Se han formulado y reportado el uso de diversos fertilizantes, químicos, orgánicos o biofertilizantes; sin embargo, la generalidad de los productores se ha enfocado más al uso de los agroquímicos, siendo que ocasionan problemas ambientales. El objetivo de este trabajo fue evaluar diversos fertilizantes en la germinación y producción de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), así como su costo de producción. Los fertilizantes evaluados fueron bioles de la digestión anaeróbica de estiércoles de vaca y cerdo, *Azospirillum brasilense*, y tres productos comerciales (Regena, Nubiotek y Agromil). El experimento se llevó a cabo en 2014 bajo condiciones de invernadero, en Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala. Se partió de esquejes de jitomate de tres meses de edad, cada 10 días se aplicó de manera foliar cada tratamiento y el riego para mantener la humedad de campo. El mejor tratamiento fue el biol obtenido de la digestión de estiércol de vaca, con éste se obtuvo mayor rendimiento y menor costo de producción (12.9 kg m<sup>-2</sup> de jitomate, \$0.60 MN kg respectivamente); seguido del sistema de fertilización que utiliza el productor (Regena con Nubiotek), fue de 11.98 kg m<sup>-2</sup>

## Abstract

The use of various fertilizers, chemical, organic or biofertilizers has been formulated and reported; however, most producers have focused on the use of agrochemicals, causing environmental problems. The aim of this paper was to evaluate various fertilizers on germination and production of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and its production cost. Evaluated fertilizers were bioles of anaerobic digestion of cow and pig manures, *Azospirillum brasilense*, and three commercial products (Regena, Nubiotek and Agromil). The experiment was carried out in 2014 under greenhouse conditions, in Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala. It began from tomato cuttings of three months age, every 10 days each treatment was applied in a foliar way and the irrigation to maintain the humidity of field. The best treatment was obtained with biol obtained from the digestion of cow manure, higher yield and lower production cost were obtained by using it (12.9 kg m<sup>-2</sup> tomato, \$0.60 MN kg respectively); followed by the fertilization system used by the producer (Regena with Nubiotek) which was of 11.98 kg m<sup>-2</sup> tomato, with a production cost of \$ 0.64 MN kg.

\* Recibido: marzo de 2017  
Aceptado: abril de 2017

de jitomate, con un costo de producción de \$0.64 MN kg. El uso de la digestión anaeróbica tiene varias ventajas, ayuda a reducir la contaminación por la inadecuada disposición de los estiércoles, y permite la obtención de biogás combustible para el calentamiento de los invernaderos. La aplicación de procedimientos sencillos, como la digestión anaeróbica, son alternativas económicas y ambientalmente amigables para tratar los residuos agropecuarios y obtener productos de interés agronómico.

**Palabras clave:** *Azospirillum brasilense*, biol, digestión anaeróbica, fertilizantes, jitomate.

## Antecedentes

Para satisfacer la demanda alimenticia que exige la creciente población, se ha recurrido al uso excesivo de fertilizantes, principalmente químicos, esto ha afectado negativamente al suelo y a la microbiota. Sin embargo hay alternativas amigables con el ambiente, como son usando abonos y biofertilizantes, ejemplo de ellos son las compostas o el biol. Este último es el efluente resultante de la digestión anaeróbica (DA). La DA es un proceso de degradación microbiana que ayuda a la descomposición de residuos orgánicos transformándolos en sustancias asimilables para las plantas (Kelleher *et al.*, 2000), además se produce el biogás, que si contiene más de 45% de metano se puede usar como combustible.

Actualmente se le considera al biol como uno de los productos más importantes de la DA, puesto que es notable como mejorador de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo e incremento de la productividad de las cosechas (Potschka, 2012). Su composición depende de varios factores pero en promedio se puede estimar en 2-3% de nitrógeno, 1-2% de fósforo, 1% de potasio (Herrero, 2008). El uso del biol hace posible regular la nutrición de la planta y fortalecerla, por lo que hay un mayor rendimiento del cultivo. Permite el uso intensivo del suelo mejorando a la vez la calidad del mismo (Aparcana y Jansen, 2008).

Por otro lado los biofertilizantes, son productos que contienen microorganismos que ayudan al desarrollo vegetal, los más usados son las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB) por sus siglas en inglés. Estos favorecen el crecimiento de las plantas por varios mecanismos, como

The use of anaerobic digestion has several advantages, it helps to reduce contamination by the inadequate disposal of manures, and allows the obtaining of biogas combustible for the greenhouses heating. The application of simple procedures, such as anaerobic digestion, are economic and environmentally friendly alternatives to treat agricultural residues and obtain products of agronomic interest.

**Keywords:** *Azospirillum brasilense*, anaerobic digestion, biol, fertilizers, tomato.

## Background

In order to meet the food demand of the growing population, an excessive use of fertilizers has occurred, mainly chemicals, adversely affecting soil and microbiota. However there are environmentally friendly alternatives, such as fertilizers and biofertilizers, such as composts or biol. The latter is the effluent resulting from anaerobic digestion (DA). The DA is a process of microbial degradation that helps the decomposition of organic waste transforming them into assimilable substances for plants (Kelleher *et al.*, 2000) plus the biogas is produced, which if it contains more than 45% methane may be used as fuel.

Currently, biol is considered one of the most important products of DA, since it is notable as an improvement of soil's physical, chemical and biological conditions and increase crop yield (Potschka, 2012). Its composition depends on several factors but on average can be estimated in 2-3% of nitrogen, 1-2% of phosphorus, 1% of potassium (Herrero, 2008). The use of biol makes it possible to regulate the nutrition of the plant and to strength it, so there is a higher yield of the crop. It allows the intensive use of the soil by improving its quality (Aparcana and Jansen, 2008).

On the other hand the biofertilizantes, are products that contain microorganisms that help the vegetal development, the most used are the plant growth promoting bacteria (PGPB) by its abbreviations. These favor plant growth through several mechanisms, such as mineral and nutrient solubilisation, nitrogen fixation and phytohormone synthesis (Bashan and de-Bashan, 2010). Among the bacteria genera that have been used as biofertilizers there are *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* and *Serratia*.

son la solubilización de minerales y nutrientes, fijación de nitrógeno y síntesis de fitoreguladores (Bashan y de-Bashan, 2010). Entre los géneros de bacterias que se han usado como biofertilizantes se encuentran *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Micrococcous*, *Pseudomonas* y *Serratia*.

### Zona de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en las instalaciones de Grupo Xonacatz, productores de jitomate en el municipio de Tepetitla de Lardizábal en Tlaxcala.

### Métodos analíticos

El pH se midió con un potenciómetro (conductronic pH120). La producción de biogás se midió 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.

### Materiales

El biofertilizante usado fue una cepa de colección *Azospirillum Brasilense Cd* donada por el laboratorio de microbiología del suelo de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Agromil plus, (<http://www.tacsa.mx/deaq/src/productos/76-28.htm>) y el usado por el productor donde se realizó el experimento Regena MIN HL 15 (<http://regena.mx/productos.html>) y Nubiotek-RFZ (<http://www.bioteksa.com/productos/index.php>).

### Proceso de digestión anaeróbica

Se usaron digestores de plástico de 120 L, con 7% de sólidos base seca y al 70% de su capacidad. Un digestor fue alimentado con estiércol de vaca y otro con estiércol de cerdo. Se extrajo el aire con una bomba de vacío y se sellaron, se mantuvieron en invernadero durante 78 días. Semanalmente se midió el pH, la producción de biogás y su contenido de metano. Al finalizar el proceso se filtró para obtener el biol y se determinó el índice de germinación según Zucconi *et al.* (1981).

### Cultivo de jitomate

Se utilizaron camas de 15 m de largo \* 0.2 m de alto \* 0.3 m de ancho, se colocaron cada 30 cm esquejes de plantas de 3 meses de edad, se usaron los siguientes tratamientos que se

### Study zone

This research was carried out in the facilities of Grupo Xonacatz, tomato producers in the municipality of Tepetitla de Lardizábal in Tlaxcala.

### Analytical methods

The pH was measured with a potentiometer (conductronic pH120). Biogas production was measured according to Boe *et al.* (2010). The methane content was quantified by gas chromatography, using a thermal conductivity detector (TCD) and a HP-Plot Q capillary column.

### Materials

The biofertilizer used was a strain of *Azospirillum brasilense Cd* collection donated by the Soil microbiology laboratory of the Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Agromil plus ([http://www.tacsa.mx/deaq/src/productos/76\\_28.htm](http://www.tacsa.mx/deaq/src/productos/76_28.htm)) and the one used by the producer where the experiment was performed: Regena MIN HL 15 (<http://regena.mx/productos.html>) and Nubiotek-RFZ (<http://www.bioteksa.com/productos/index.php>).

### Anaerobic digestion process

120 L plastic digesters were used, with 7% dry basis solids and 70% capacity. One digester was fed with cow manure and another with pig manure. The air was extracted with a vacuum pump and then sealed, kept in the greenhouse for 78 days. The pH, biogas production and its methane content were measured every week. When the process ended it was filtered to obtain the biol and germination rate was determined according to Zucconi *et al.* (1981).

### Cultivation of tomato

Beds of 15 m long \* 0.2 m high \* 0.3 m wide were used, plants cuttings of 3 months old were placed at 30 cm, the following treatments were applied every 10 days on a foliar way: a) biol of cow manure 500 ml at 50%; b) biol of pig manure 500 ml at 50%; c) Regena at a single dose of 2 kg m<sup>-3</sup> was applied, subsequently 500 ml of Nubiotek at a concentration of 15 ml in 13 L of water were applied every 10 days. This is the fertilization system used by the tomato producer where this research was carried out; d) 1% Agromil, 500 ml dose; and e) *Azospirillum brasilense* at a concentration of 4\*10<sup>7</sup> UFC ml<sup>-1</sup>. As control, a bed without

aplicaron cada 10 días de manera foliar: a) biol del estiércol de vaca 500 ml al 50%; b) biol del estiércol de cerdo 500 ml al 50%; c) Regena se aplicó una dosis única de  $2 \text{ kg m}^{-3}$ , posteriormente cada 10 días se aplicaron 500 ml de Nubiotek en una concentración de 15 ml en 13L de agua. Este es el sistema de fertilización que utiliza el productor de jitomate donde se llevó a cabo el presente trabajo; d) Agromil al 1%, dosis de 500 ml; y e) *Azospirillum brasilense* a una concentración de  $4 \times 10^7 \text{ UFC ml}^{-1}$ . Como testigo se usó una cama sin que se le hiciera adición de ninguna sustancia. El riego se realizó por goteo de manera terciada. Desde el día 49 y hasta los 140 días se cosechó y pesó el jitomate conforme estuviera maduro, es decir, completamente de color rojo.

## Resultados

### Variación del pH, producción de biogás y metano

En la Figura 1 se muestran los valores del pH, biogás acumulado y porcentaje de metano obtenido durante la digestión anaeróbica de estiércol de vaca. El pH inicial fue de 6.82, éste disminuyó durante las dos primeras semanas debido a las etapas hidrolítica y acidogénica, posteriormente aumentó y finalizó con un valor de 7.95; durante todo el proceso el pH fue superior a 6.5, valor dentro de los límites indicados por Varnero (2011) para la adecuada operación de un biodigestor, que son de 6.5 a 8. Se obtuvieron 244.805 L de biogás durante los 78 días, con un porcentaje de metano mínimo registrado de 14.8% y un máximo de 55.5% (semana 5). Las primeras 3 semanas el porcentaje de metano registrado fue bajo (14 a 20%), a partir de la semana 4 aumentó el contenido de metano en el biogás, coincidiendo con el incremento en el valor del pH, indicando el consumo de los ácidos para la producción de acetato y posteriormente de metano. Los valores de pH se asemejan a los reportados por Rico *et al.* (2011) quienes registraron pH inicial de 6.9 y final de 7.8, sometiendo estiércol de vaca a DA, obtuvieron biogás con un porcentaje de metano de aproximadamente 65%.

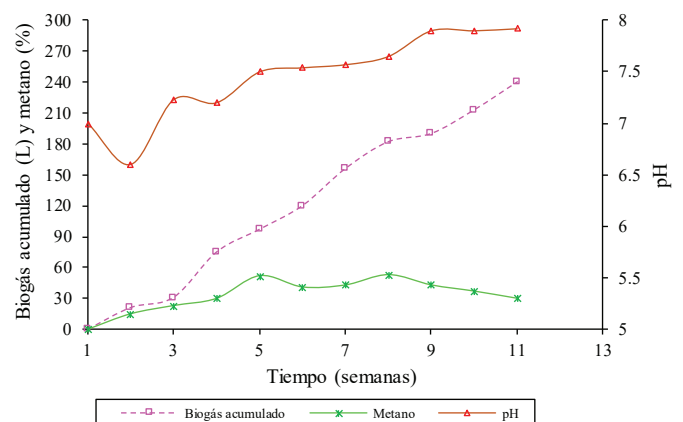
La Figura 2 muestra la variación de estos mismos parámetros pero para el caso de la digestión anaeróbica de estiércol de cerdo. El pH inicial fue de 6.36, durante las dos primeras semanas este disminuyó por la formación de ácidos, posteriormente incrementó al consumirse estos para las siguientes etapas de la digestión anaeróbica; sin embargo, el pH en general se mantuvo por debajo de 6.5,

adding any substance was used. Irrigation was performed by dripping in a pithy manner. From day 49 until 140 days the tomato was harvested and weighed as it was ripe, that is, completely red.

## Results

### pH variation, biogas and methane production

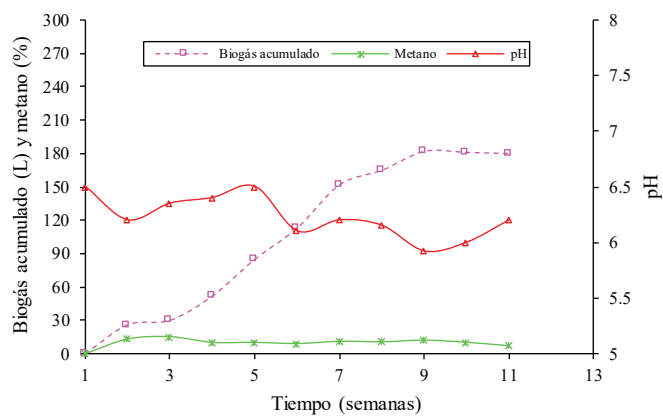
Figure 1 shows the pH values, accumulated biogas and methane percentage obtained during the anaerobic digestion of cow manure. The initial pH was 6.82, it decreased during the first two weeks due to the hydrolytic and acidogenic stages, then it increased and ended with a value of 7.95; during the whole process the pH was higher than 6.5, which is within the limits indicated by Varnero (2011) for the proper operation of a biodigester, which are of 6.5 to 8. 244.805 L of biogas were obtained during the 78 days, with a percentage of recorded minimum methane of 14.8% and a maximum of 55.5% (week 5). In the first 3 weeks, the percentage of methane registered was low (14 to 20%), from week 4 the methane content in the biogas increased, coinciding with the increase in the pH value, indicating the consumption of acids for the production of acetate and later of methane. pH values are similar to those reported by Rico *et al.* (2011) who obtained initial pH of 6.9 and final of 7.8, submitting cow manure to DA, they obtained biogas with a methane percentage of approximately 65%.



**Figura 1. Producción de biogás, metano y valores de pH durante el proceso de DA de estiércol de vaca.**

**Figure 1. Biogas production, methane and pH values during the DA process of cow manure.**

lo cual afectó a las bacterias metanogénicas y por ende la formación de metano, ya que las bacterias metanogénicas a pH menor a 6.5 se inhiben (Marchaim, 1992). Se obtuvo una producción total de biogás de 188.675 L durante los 78 días, con un porcentaje de metano mínimo registrado de 10.7% y un máximo de 17.4%. Menardo *et al.* (2011) utilizaron digestores tipo batch alimentados con estiércol de cerdo, obtuvieron un porcentaje de metano de 13.88%, porcentaje que se asemeja al obtenido en este trabajo.



**Figura 2. Producción de biogás, metano y valores de pH durante el proceso de DA de estiércol de cerdo.**  
**Figure 2. Biogas and methane production and pH values during the DA process of pig manure.**

El índice de germinación (IG) indica si en el material evaluado presenta sustancias fitotóxicas o no, según Zucconi (1981), un material no será fitotóxico si su IG es mayor a 80% y será promotor del crecimiento vegetal si este valor es mayor a 120%. En la tabla 1 se indica el IG obtenido con el biol de ambos estiércoles.

A las concentraciones de 5 y 10% resultaron no fitotóxicos y para el caso del biol de estiércol de vaca, fue promotor de crecimiento radicular, por lo que pueden utilizarse para el riego. Young *et al.* (2012) evaluaron la fitotoxicidad de un digestato a base de estiércol de vaca y reportaron estimulación en el crecimiento de la raíz a concentraciones de 25%, fue no fitotóxico a concentraciones de 50% e inhibitorias a concentraciones de 100%.

Producción de jitomate

Se estuvo cosechando y pesando el fruto conforme alcanzó la madurez, los tratamientos donde se aplicaron los bioles fueron los primeros donde se empezó a cuantificar frutos

Figure 2 shows the variation of these same parameters but for the case of the anaerobic digestion of pig manure. The initial pH was 6.36, during the first two weeks it decreased due to the acids formation, subsequently it increased when these were consumed for the following stages of anaerobic digestion; however, the pH generally remained below 6.5, which affected the methanogenic bacteria and thus the formation of methane, since methanogenic bacteria at pH less than 6.5 are inhibited (Marchaim, 1992). A total biogas production of 188.675 L was obtained during the 78 days, with a minimum recorded methane percentage of 10.7% and a maximum of 17.4%. Menard *et al.* (2011) used batch digesters fed with pig manure, obtaining a methane percentage of 13.88%, a percentage that resembles that obtained in this research.

The germination index (IG) indicates whether the material evaluated has phytotoxic substances or not, according to Zucconi (1981), a material will not be phytotoxic if its IG is greater than 80% and will be a promoter of plant growth if this value is greater than 120%. Table 1 shows the IG obtained with the biol from both manures.

**Cuadro 1. Índice de germinación (IG) obtenido con ambos bioles.**

**Table 1. Germination index (IG) obtained with both bioles.**

Concentración del biol (%)	Índice de germinación (%)	
	Biol de estiércol de vaca	Biol de estiércol de cerdo
5	166.66	104.36
10	147.04	94.04
20	15.13	2.3
100	0	0

Concentrations of 5 and 10% were non-phytotoxic and in the case of biol of cow manure, it was a promoter of root growth, so it can be used for irrigation. Young *et al.* (2012) evaluated the phytotoxicity of a digestate based on cow manure and reported stimulation in root growth at concentrations of 25%, it was non-phytotoxic at 50% concentrations and inhibitory at 100% concentrations.

Tomato production

The fruit was harvested and weighed as it reached maturity, the treatments where the bioles were applied were the first where the fruits reached maturity, which is an indication of

maduros, lo cual es un indicio de la presencia de sustancias que estimulan la maduración del fruto, la producción más alta con ambos bioles se registró entre los 108 y 129 con máximo a los 118 días. Con *Azospirillum* hubo producciones altas entre los 108 y los 140 días, con máximo a los 118. En el tratamiento con Regena y Nubiotek la máxima producción se alcanzó entre los 108 y los 140 días, con máximo a los 129 días. Con la adición del Agromil el máximo se alcanzó a los 140 días. En todos los casos se obtuvo mayor producto comparado con el control. La Figura 3 muestra la producción específica de jitomate.

En el Cuadro 2 se resume la producción de jitomate total obtenida con cada tratamiento, así como el costo de producción. Con el biol obtenido de la digestión anaeróbica de estiércol de vaca se obtuvo el menor costo y la mayor producción de jitomate, ésta fue 8% mayor que usando el sistema de fertilizante que utiliza el productor. La segunda mayor producción se obtuvo con el uso de *Azospirillum*; así como, aplicando Regena más Nubiotek, pero el costo de aplicación del biofertilizante fue mayor, sigue el rendimiento obtenido con la aplicación del biol de cerdo y con Agromil. Siendo mayor en todos los casos respecto al obtenido sin adición de ningún fertilizante.

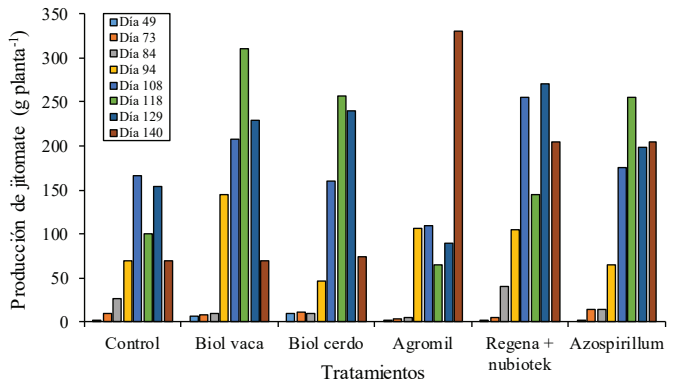
**Cuadro 2. Rendimiento y costo de producción de jitomate.**  
**Table 2. Yield and tomato production cost.**

Tratamiento	Rendimiento de jitomate (kg m <sup>-2</sup> )	Costo de jitomate (\$MN kg <sup>-1</sup> )
Biol de estiércol de vaca	12.89	0.60
Biol de estiércol de cerdo	9.91	0.84
Agromil	9.93	1.96
Regena mas Nubiotek	11.98	0.64
<i>Azospirillum</i>	12	1.60
Control agua destilada	7.19	

Conclusiones

El uso de estiércol de vaca para someter al proceso de DA es altamente recomendable, ya que se obtiene biogás combustible, que puede usarse para calentar los invernadero y para obtener un buen fertilizante orgánico que incrementa la producción agrícola y abarata costos.

the presence of substances that stimulate fruit maturation, the highest yield with both bioles was recorded between 108 and 129 with a maximum at 118 days. *Azospirillum* showed high yields between 108 and 140 days, with maximum at 118. Regena and Nubiotek treatment showed maximum yield between 108 and 140 days, with the maximum at 129 days. With the addition of Agromil the maximum was reached at 140 days. In all cases, more product was obtained compared to the control. Figure 3 shows the specific production of tomato.



**Figura 3. Producción específica de jitomate para cada tratamiento.**

**Figure 3. Specific production of tomato for each treatment.**

Table 2 summarizes the total tomato production obtained with each treatment, as well as the cost of production. With the biol obtained from the anaerobic digestion of cow manure, the lowest cost and the highest tomato production were obtained, which was 8% higher than using the fertilizer system used by the producer. The second highest yield was obtained with the use of *Azospirillum*; as well as, applying Regena plus Nubiotek, but the application cost of the biofertilizer was higher, followed by the yield obtained with the application of the pig biol and Agromil. Being greater in all the cases compared to the obtained without the addition of fertilizer.

Conclusions

The use of cow manure to undergo the DA process is highly recommended, since biogas fuel is obtained, which can be used to heat the greenhouses and to obtain a good organic fertilizer that would increase agricultural yield and would lower the costs.

Adicionalmente la aplicación de los efluentes de la digestión anaeróbica de estiércoles traerá ventajas ambientales ya que se reduciría la contaminación que se produce por la inadecuada disposición de los mismos.

Additionally the application of effluent from anaerobic digestion of animal manures would bring environmental advantages since the contamination produced by its improper disposal would be reduced.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y al Instituto Nacional de las Mujeres, por el financiamiento otorgado mediante el proyecto número 196660.

*End of the English version*



## Literatura citada

- Aparcana, S. y Jansen, A. 2008. Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso de fermentación anaeróbica para producción de biogás. German Prof EC GmbH. Perú. BM-4-00-1108-1239.
- Bashan, Y. and de-Bashan, L. E. 2010. Chapter two-how plant growth promoting bacterium *Azospirillum promotes* plant growth-a critical assessment. United States. Adv. Agron. 108:77-136.
- Boe, K.; Batstone, D. J.; Steyer, J. P. and Angelidari, I. 2010. State indicators for monitoring the anaerobic digestion process. England. Water Res. 44:5973-5980.
- Varnero, M. M. T. 2011. Manual de biogas. Minenergia- PNUD- FAO- GEF. Santiago de Chile. <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>.
- Herrero, J. M. 2008. Biodigestores familiares: guía de diseño y manual de instalación. Cooperación técnica alemana-programa de desarrollo agropecuario (PROAGRO). Bolivia, <http://www.bivica.org/upload/biodigestores-familiares.pdf>.
- Kelleher, B. P.; Leahy, J. J.; Henihan, A. M.; O'Dwyer, T. F.; Sutton, D. and Leahy, M. J. 2000. Advances in poultry litter disposal technology review. Netherlands. Bio. Technol. 83:27-36.
- Marchaim, U. 1992. Biogas process for sustainable development. United States. FAO. Agricultural Services. 95:165-193.
- Menardo, S.; Gioelli, F. and Balsari, P. 2011. The methane yield of digestate: effect of organic loading rate, hydraulic retention time, and plant feeding. Netherlands. Bio. Technol. 102:2348-2351.
- Potschka, J. 2012. Biodigestores plásticos. Argentina. Producir XXI. 20(243):20-24.
- Rico, C.; Rico, J. L.; Tejero, I.; Muñoz, N. and Gómez, B. 2011. Anaerobic digestion of the liquid fraction of dairy manure in pilot plant for biogas production: residual methane yield of digestate. United States. Waste Management. 31:2167-2173.
- Young, B. J.; Riera, N. I.; Beily, M. E.; Bres, P. A.; Crespo, D. C. and Ronco, A. E. 2012. Toxicity of the effluent from anaerobic bioreactor treating cereal residues on *Lactuca sativa*. England. Ecotoxicol. Environ. Safety. 76:182-186.
- Zucconi, F.; Pera, A. and Forte, M. de B. 1981. Evaluating toxicity in immature compost. United States. Biocycle. 22:54-57.