

## Efecto agronómico sobre el tomate del biosólido resultante de una planta de tratamiento anaeróbico de residuales pecuario Agronomic effect on the tomato of the resulting biosolids of a plant of anaerobic treatment of residual livestock

Alejandro Negrín Brito, Yamile Jiménez Peña, Delma de la Vega Báez

Centro de Investigaciones en Bioalimentos, Carretera a Patria, km 1½, Morón, Ciego de Ávila, Cuba, CP 67210.

E-mail: yamile@cibacav.cu

---

**RESUMEN.** Se presentan los resultados del efecto agronómico de los biosólidos provenientes de la digestión anaerobia de residuales pecuarios sobre los indicadores fenológicos del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicon* L.) var. Vyta, plantado a una distancia de 1,10 m x 0,30 m sobre un suelo Ferralítico Rojo típico con pH 7,3 y un contenido de  $P_2O_5$  y  $K_2O$  de 17,2 y 48,30 mg100 g<sup>-1</sup> respectivamente. Se utilizó un diseño de bloque al azar con tres tratamientos (0; 6,8 y 9 t.ha<sup>-1</sup>) y tres repeticiones (nueve unidades experimentales). Cada parcela tuvo un área de 40 m<sup>2</sup> y el biosólido fue aplicado antes de la siembra en el fondo del surco. El diámetro del tallo mostró diferencias significativas durante todos los periodos evaluados, observándose que el tratamiento de 6,8 t.ha<sup>-1</sup> logró el mayor incremento (0,19 cm). La altura de la planta reportó resultado similar referente al índice de crecimiento (0,18 m) en el segundo tratamiento. El número de flores, racimos y frutos fue superior en el tercer tratamiento (aplicación de 9 t.ha<sup>-1</sup> del biosólido). El rendimiento comercial presentó diferencias significativas respecto al control (26,8 t.ha<sup>-1</sup>) en los dos tratamientos con aplicación de biosólido (32,9 y 32,8 t.ha<sup>-1</sup>), los que representan el 75 y 74 % de la producción total de cada tratamiento. El rendimiento aumentó 5,20 t.ha<sup>-1</sup> respecto al Control.

**Palabras clave:** biosólidos, dosis de abono, rendimiento comercial, tomate.

**ABSTRACT.** The results of the agronomic effect of biosolids from anaerobic digestion of livestock residual on phenological indicators of tomato (*Solanum lycopersicon* L.) var. Vyta are presented, planted at a distance of 1.10 x 0.30 m on soil typical Ferralitic Red pH 7.3 with a content of  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  17.2 and 48.30 mg100 g<sup>-1</sup> respectively. Block design at random was used, with three treatments (0, 6.8 and 9 t ha<sup>-1</sup>) and three repetitions (nine experimental units). Each parcel had an area of 40 m<sup>2</sup> and the biosolid was applied before planting in the base of the sulcus. The stem diameter showed significant differences for all experimental period, showing that treatment of 6.8 t ha<sup>-1</sup> achieved the highest increase (0.19 cm). The height of the plants reported similar results showing the highest growth rate (0.18 m) in the 6.8 t.ha<sup>-1</sup> treatment. The number of flowers, bunches and fruits was higher in the third treatment (application of 9 t ha<sup>-1</sup> of sewage sludge). Commercial yield showed significant differences compared to the control (26.8 t ha<sup>-1</sup>) in the two treatments with application of biosolids (32.9 and 32.8 t ha<sup>-1</sup>), which represent 75 and 74 % of total production of each treatment. Performance is increased 5.20 t ha<sup>-1</sup> compared to control.

**Keywords:** biosolids, fertilizer dose, commercial yield, tomato.

---

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la actividad pecuaria está identificado como una de las fuentes contaminantes que contribuye al deterioro progresivo del medioambiente, causado principalmente por el vertimiento de sus aguas residuales al suelo

sin el tratamiento adecuado. Los efluentes de origen pecuario poseen una alta concentración de sustancias orgánicas, compuestos de nitrógeno y de fósforo, los que fluctúan considerablemente en composición y cantidad (Smith *et al.*, 2001).

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 contribuyen a que sea sustentable la producción animal, y al mismo tiempo aprovechar los desechos orgánicos que generalmente son desechados, sin valorar su posible aprovechamiento (Seoáñez *et al.*, 2000 y Pérez, 2002).

Desde el punto de vista agrícola, con este proceso se obtiene un material maduro, estable e higienizado, con un alto contenido en materia orgánica, el cual 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, 2001).

La introducción de abonos orgánicos resulta de suma importancia en los momentos actuales debido a los pasos que se están dando para cambiar la llamada agricultura moderna, por la agricultura biológica o agroecológica. El uso de abonos orgánicos constituye una práctica común, lo que se debe fundamentalmente al papel crucial que estos cumplen en la nutrición de muchos cultivos agrícolas y su influencia en la actividad fisiológica de las plantas (Medina, 2010).

La definición del estado de la fertilidad de un suelo requiere información sobre la disponibilidad de los nutrimentos, presencia de elementos tóxicos y propiedades químicas, físicas y biológicas. Ello permite tomar decisiones acerca de su manejo (Vergara *et al.*, 2005).

El tomate es una de las hortalizas de más alto nivel de consumo y preferencia por la población cubana y mundial (Álvarez, 2003). En Cuba este cultivo ocupa alrededor del 36 % de las áreas dedicadas a la producción de hortalizas con una superficie anual que supera las 20 000 ha (MINAG, 1999) y un rendimiento promedio de 12 t.ha<sup>-1</sup>. Esa hortaliza es una de las más destacadas en la producción hortícola nacional y puede ser cultivada en todas las provincias del país (Casanova, 2003).

La sociedad tiene como principio la obligatoriedad de hacer un uso más completo de los recursos de que dispone, y al mismo tiempo, proteger el entorno en que vive. Por ese motivo en el sector agropecuario se debe potenciar los ciclos cerrados de producción cuando se dispone de plantas de tratamiento de residuales, debido a lo cual se propone como objetivo evaluar el efecto agronómico del biosólido generado a partir del residual pecuario mediante un proceso

de digestión anaerobia de un biodigestor sobre los indicadores fenológicos del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* M.).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en áreas demostrativas del Centro de Investigaciones en Bioalimentos (CIBA), ubicado en el municipio Morón, provincia Ciego de Ávila, a partir de diciembre de 2011 hasta febrero de 2012. El tomate (*S. lycopersicon*) var. Vyta, proveniente del programa de mejoramiento genético del Instituto "Liliana Dimitrova", se plantó a una distancia de 1,1 m x 0,3 m (30 303 plantas.ha<sup>-1</sup>), a 10 cm de profundidad (Hernández *et al.*, 1999).

El biosólido utilizado procedió de la planta de tratamientos por digestión anaeróbica del propio centro, alimentada con residual pecuario, las propiedades químicas del biosólido estudiado (tabla 1) se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos en las normas (NOM-004-ECOL-2002) que regulan la utilización de lodos y biosólidos con fines agrícolas, por lo que puede considerarse que el residuo (clase A) es apto para ser utilizado en la agricultura.

El suelo utilizado para el experimento fue Ferralítico Rojo típico cuyas características se describen en la tabla 2.

No se realizaron aplicaciones de productos químicos para el control de plagas, las especies arvenses fueron controladas de forma manual. Adicionalmente se aplicaron 4 riegos por surcos con normas de 260 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, en correspondencia con el ciclo del cultivo (MINAG, 1999).

Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres tratamientos y tres réplicas:

- Suelo sin aplicación de biosólido
- Suelo con aplicación de 150 kg.ha<sup>-1</sup> de Nitrógeno total (6,8 t.ha<sup>-1</sup> de biosólido)
- Suelo con aplicación de 200 kg.ha<sup>-1</sup> de Nitrógeno total (9,0 t.ha<sup>-1</sup> de biosólido)

Para el cálculo de las dosis se tomó como patrón el contenido de nitrógeno del biosólido (Peña *et al.*, 2002).

El área de cada parcela fue de 40 m<sup>2</sup> (120 m<sup>2</sup> de área total del tratamiento). El biosólido se aplicó manualmente antes de sembrar en el fondo del surco, quedando distribuido uniformemente. Las atenciones culturales previas al montaje del experimento en el semillero y a partir del trasplante en las parcelas, se desarrollaron según

**Tabla 1. Propiedades químicas de los biosólidos procedentes de la planta de tratamiento por digestión anaerobia del CIBA (expresados en base seca)**

Indicador		Promedio	Intervalo de confianza	Indicador		Promedio	Intervalo de confianza	
M.O.	%	53,0	54,49 - 51,51	Cd	mg/ kg	0,7	0,8-0,6	
N		2,2	2,48 - 1,92	Cr		7,31	7,7-6,9	
P		1,5	1,64 - 1,36	Cu		4,27	4,97-3,57	
K		0,8	0,9 - 0,7	Co		0,35	0,45-0,25	
Ca		8,8	9,49 - 8,11	Ni		0,90	1,00-0,8	
Mg		1,2	1,44 -0,96	Pb		21,9	22,7-12,1	
Relación C/N		14/1	16/1-13/1	Zn			15,4	17,9-12,9
pH		7,5	7,7 - 7,3	Mn			24,7	27,6-21,8
CE (mS/cm)		1,4	1,68 - 1,2					

Contenido de: M.O. (materia orgánica), N (Nitrógeno), O (Fósforo), K (Potasio), Ca (Calcio), Mg (Magnesio), C/N (Relación carbono- nitrógeno), CE (Conductividad eléctrica), Cd (Cadmio), Cr (Cromo), Cu (Cobre), Co (Cobalto), Ni (Níquel), Pb (Plomo), Zn (Zinc), Mn (Manganeso)

**Tabla 2. Características químicas del suelo en el área experimental**

Indicador		Contenido
pH		7,30
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	(mg/100g)	17,28
K <sub>2</sub> O		48,30
Humedad	%	11,26
M.O.		2,61
Ca	cmol/kg	11,20
Mg		2,24
Na		0,16
K		1,04
UT		15,36
CE		(mS/cm)

Contenido de: M.O. (materia orgánica), UT (capacidad de transferencia catiónica), CE (conductividad eléctrica)

lo establecido por el MINAG (1999).

### VARIABLES EVALUADAS Y METODOLOGÍA EMPLEADA

**Fenología del cultivo:** para evaluar el desarrollo

vegetativo al cultivo establecido se le realizó determinaciones de los indicadores fenológicos diámetro del tallo, altura de la planta, cantidad de flores por plantas, cantidad de racimos por planta y cantidad de frutos por planta.

**Rendimiento:** A los 74 días de plantado se inició la cosecha, terminando a los 95 días, en correspondencia con la madurez del fruto, en la misma fueron diferenciados los frutos comerciales y no comerciales, según lo indicado por las normas cubanas (NC 77-51, 1991) y el Instructivo Técnico del Cultivo (MINAG, 1999). Posteriormente, al culminar la cosecha se calculó el rendimiento.

La información colectada fue procesada mediante el paquete estadístico computarizado SPSS versión 15, empleándose la ANOVA de clasificación doble y la dócima de Duncan para realizar la discriminación entre las medias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el establecimiento de la plantación se logró el 100 % de supervivencia como resultado del trasplante, lo que posibilita igual número de plantas en las parcelas para todos los tratamientos, este parámetro permite homogeneizar los resultados sin la necesidad de ajustes adicionales.

Los resultados de diámetro del tallo (Tabla 3) mostraron diferencias significativas con respecto al tratamiento control a los 30 y 40 días sin embargo a los 50 días fue el segundo tratamiento el que logró con 0,84 cm el mejor resultado. Un análisis detallado de la tabla permite observar que este mismo tratamiento mantiene un comportamiento ascendente durante todo el estudio y a los 50 días de establecido, logra 0,19 cm de incremento en el diámetro del tallo, resultados que se corresponden con los obtenidos por Álvarez (2003a) en el cultivo del pimiento pero con la aplicación de estiércol bovino y humus como biofertilizante.

La respuesta que manifestó el tratamiento sin aplicación de biosólido fue diferente al mantener un comportamiento inferior a los valores de las medias en comparación con el resto de los

tratamientos, correspondiéndose con lo referido por Utria *et al.* (2010), los cuales reportaron que las plantas de tomate en suelo tratado con fertilizante mineral y biosólidos lograron los mayores valores de diámetro del tallo como respuesta a las concentraciones de los elementos esenciales incorporados.

Con la aplicación de 6,8 t/ha de lodo se logró la mayor altura de la planta (0,38m) hasta esa fecha y el mayor índice de crecimiento para el periodo (0,18m), resultado que se corresponde con lo descrito por Maclaren *et al.* (2013), quienes informan del incremento en el crecimiento de las plantas provocados por la aplicación de biosólidos al suelo (tabla 4).

Seguidamente se observó en este mismo tratamiento un comportamiento similar, a los 40 y 47 días, pero diferenciándose solamente del control.

Durante el análisis se observó la respuesta positiva del crecimiento vegetativo de las plantas a la aplicación de biosólidos con dosis de 6,8 y 9  $\text{tha}^{-1}$ , debido a que la aplicación de estos residuos orgánicos incrementa los contenidos de macro y micro nutrientes esenciales en los suelos en forma directamente asimilable por las plantas, fundamentalmente los procedentes de la mineralización de la Materia Orgánica en forma gradual. Todo esto provoca que las plantas tengan una mayor disponibilidad, absorción y asimilación de nutrientes (Hernández, 2012).

El número de flores por plantas (Tabla 5) presentó diferencias significativas ( $P < 0,001$  y  $P < 0,05$ ) en cuatro de los cinco muestreos realizados (32, 40, 47 y 54 días). A los 54 días de establecido el cultivo el tratamiento con 9  $\text{tha}^{-1}$  de biosólido decreció en 5,6 flores por planta, lo que manifiesta un declive en la cantidad de flores. Esto puede ser por la baja absorción de nutrientes en esta fecha aunque tuvo la mayor aplicación de biosólido.

Los resultados obtenidos se corresponden

Tabla 3. Efecto de Biosólido pecuario en el diámetro del tallo (cm) de tomate

Tratamientos ( $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ )	30 días	40 días	50 días
0	0,45 <sup>b</sup>	0,48 <sup>b</sup>	0,58 <sup>b</sup>
6,8	0,59 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a</sup>	0,84 <sup>a</sup>
9,0	0,58 <sup>a</sup>	0,62 <sup>a</sup>	0,63 <sup>b</sup>
E.E. ( $\bar{x}$ ) $\pm$	** 0,02	** 0,03	** 0,04

\*\* $P < 0,01$  superíndices no comunes en columnas difieren ( $P < 0,05$ ) según Prueba de Duncan

**Tabla 4. Altura de las plantas de tomate (m) afectadas por la aplicación de biosólidos pecuarios**

Tratamientos (t.ha <sup>-1</sup> )	15 días	21 días	32 días	40 días	47 días	54 días
0	0,10	0,16 <sup>b</sup>	0,28 <sup>b</sup>	0,40 <sup>b</sup>	0,51 <sup>b</sup>	0,56
6,8	0,13	0,20 <sup>a</sup>	0,38 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>	0,57 <sup>a</sup>	0,60
9,0	0,16	0,21 <sup>a</sup>	0,30 <sup>b</sup>	0,47 <sup>a</sup>	0,55 <sup>a</sup>	0,60
E.E. ( $\bar{x}$ ) $\pm$	0,03	** 0,01	** 0,01	*** 0,01	* 0,01	n/s 0,01

\*\*\* P<0,001; \*\*P<0,01; \* P<0,05 superíndices no comunes en columnas difieren (P<0,05) según Prueba de Duncan

**Tabla 5. Número de flores en las plantas de tomate**

Tratamientos (t.ha <sup>-1</sup> )	32 días	40 días	47 días	54 días	61 días
0	5,10 <sup>b</sup>	8,4 <sup>c</sup>	24,20 <sup>b</sup>	42,70 <sup>b</sup>	8,20
6,8	10,3 <sup>a</sup>	16,3 <sup>b</sup>	52,60 <sup>a</sup>	62,50 <sup>a</sup>	13,00
9,0	14,4 <sup>a</sup>	25,9 <sup>a</sup>	56,80 <sup>a</sup>	51,60 <sup>ab</sup>	8,50
E.E. ( $\bar{x}$ ) $\pm$	*** 1,08	*** 1,66	*** 3,70	* 3,58	n/s 1,50

\*\*\* P<0,001; \* P<0,05 superíndices no comunes en columnas difieren (P<0,05) según Prueba de Duncan

con los de Valdés *et al.* (1999), quienes refieren además que existe una mayor labor de síntesis de compuestos que pasan a formar parte de la estructura vegetal, estimulada por la aplicación de biosólidos, lo que influye no solo en la síntesis celular sino también en el aceleramiento de los procesos fisiológicos normales que tienen lugar en las plantas.

El número de racimos por planta (Tabla 6) evidencia diferencias altamente significativas entre tratamientos para dos periodos de muestreo (32 y 40 días), a partir de los 47 días los tratamientos con aplicación del biosólido presentaron mayor número de racimos por planta, a los 67 días alcanzaron los 14,6 y

13,30 racimos, con diferencias altamente significativas (P<0,001) respecto al tratamiento control.

Estos resultados se corresponden con los obtenidos por Terry *et al.* (2001) quienes estudiaron el efecto producido por la combinación de biofertilizantes y BIOBRAS – 16 en el cultivo del tomate en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).

La presencia de frutos por planta (Tabla 7) también presentó diferencias significativas (P<0,001; P<0,01; P<0,05) para todos los periodos de muestreos. Los tratamientos con aplicación del biosólido manifestaron los mayores incrementos de los frutos en cada muestreo realizado. El

**Tabla 6. Número de racimos por planta de tomate**

Tratamientos (t.ha <sup>-1</sup> )	32 días	40 días	47 días	54 días	61 días	67 días
0	1,10 <sup>c</sup>	3,30 <sup>c</sup>	8,90 <sup>b</sup>	16,80 <sup>b</sup>	9,70 <sup>b</sup>	9,00 <sup>b</sup>
6,8	2,20 <sup>b</sup>	5,67 <sup>b</sup>	19,90 <sup>a</sup>	28,80 <sup>a</sup>	19,20 <sup>a</sup>	14,6 <sup>a</sup>
9,0	3,10 <sup>a</sup>	7,90 <sup>a</sup>	19,80 <sup>a</sup>	28,70 <sup>a</sup>	14,70 <sup>a</sup>	13,30 <sup>a</sup>
E.E. ( $\bar{x}$ ) $\pm$	*** 0,21	*** 0,45	*** 1,19	*** 1,50	*** 1,50	** 0,79

\*\*\* P<0,001; \*\*P<0,01 superíndices no comunes en columnas difieren (P<0,05) según Prueba de Duncan



Tabla 7. Número de frutos en las plantas de Tomate

Tratamientos (tha <sup>-1</sup> )	40 días	47 días	54 días	61 días	67 días
0	2,70 <sup>b</sup>	7,40 <sup>b</sup>	10,40 <sup>b</sup>	14,50 <sup>b</sup>	19,20 <sup>b</sup>
6,8	5,20 <sup>a</sup>	18,20 <sup>a</sup>	28,20 <sup>a</sup>	32,60 <sup>a</sup>	35,80 <sup>a</sup>
9,0	5,40 <sup>a</sup>	16,70 <sup>a</sup>	25,90 <sup>a</sup>	30,00 <sup>a</sup>	30,40 <sup>a</sup>
E.E. ( $\bar{x}$ ) ±	* 0,49	*** 1,29	*** 1,98	*** 2,06	** 2,10

\*\*\* P<0,001; \*\*P<0,01; \* P<0,05 superíndices no comunes en columnas difieren (P<0,05) según Prueba de Duncan

control tuvo un comportamiento muy inferior en los valores de las medias, precisamente el tratamiento donde no existieron los elementos orgánicos necesarios para que las plantas se nutrieran.

Resultados obtenidos por Gómez (2000) aseguran que el rendimiento del tomate se determina por el número de plantas por superficie, el número de racimos, el número de flores producidas por planta, el porcentaje de fructificación y el peso promedio del fruto. Por otra parte, Peña *et al.* (2002) afirman que los abonos de origen vegetal o animal tienen la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo y por ende, la producción y productividad de los cultivos.

Durante el estudio se realizaron 4 cosechas que abarcó un periodo de 25 días, cuantificándose el rendimiento total en las categorías de comercial y no comercial. En la tabla 8 se aprecian las diferencias significativas (P<0,05) del tratamiento dos (6,8 tha<sup>-1</sup>) y tres (9 tha<sup>-1</sup>) respecto al control, con incrementos del 10 % de la producción comercial, lo que indica que los biosólidos empleados son residuos ricos en nutrientes esenciales (N y P) para las plantas.

Según lo reportado por Morales (2008), los rendimientos del tomate se encuentran entre 12,21 y 14,14 tha<sup>-1</sup>, inferior a los obtenidos en este trabajo (32,0 y 32,80 tha<sup>-1</sup>) con el uso del biosólido. Resultados similares también fueron apreciados en la producción no comercial

Tabla 8. Rendimiento total acumulado de frutos (tha<sup>-1</sup>)

Tratamientos (tha <sup>-1</sup> )	Comercial	No Comercial
0	26,80 <sup>b</sup>	14,30 <sup>a</sup>
6,8	32,90 <sup>a</sup>	10,40 <sup>b</sup>
9,0	32,80 <sup>a</sup>	11,80 <sup>b</sup>
E.E. ( $\bar{x}$ ) ±	* 0,95	* 0,57

\*P<0,05 superíndices no comunes en columnas difieren (P<0,05) según Prueba de Duncan

con valores significativos (P<0,05) para los tratamientos con aplicación de biosólido, lográndose el menor índice de producción (24,5 %) en el tratamiento dos (6,8 tha<sup>-1</sup>) con un 10 % menor que el uno (control), aunque se favorece la calidad de la producción.

## CONCLUSIONES

1- El diámetro del tallo experimentó los mayores

valores de las medias con la dosis de 6,8 tha<sup>-1</sup> de biosólido.

2- El rendimiento comercial fue superior en los tratamientos donde se aplicó biosólido, a razón de 6,1 tha<sup>-1</sup> y 6 tha<sup>-1</sup> respectivamente.

3- La dosis de biosólido que aportó los mayores beneficios económicos en el cultivo del tomate fue 6,8 tha<sup>-1</sup>.

**BIBLIOGRAFÍA**

- 1- Álvarez, M.: Influencia del estiércol bovino y humus de lombriz sobre algunas propiedades edáficas e indicadores del crecimiento y productividad del pimiento (*Capsicum annuum* L.) en condiciones de huerto intensivo. Tesis de Maestría. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba, 70p. 2003a.
- 2- Álvarez, M.: Resultados de la mejora genética del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) y su incidencia en la producción hortícola de Cuba. *Cultivos Tropicales*, 24 (4): 63-70, 2003.
- 3- Casanova, A.S.: Producción protegida de plántulas de tomate en cepellones. Manual para la producción protegida de hortalizas. Ministerio de la Agricultura. IHH "Liliana Dimitrova", La Habana, Cuba, pp. 15-25, 2003.
- 4- Hernández, A.; J. Pérez; L.D. Rivero: Nueva versión de clasificación genética de suelos de Cuba. La Habana: AGRINFOR, Minagri, Instituto de Suelo, 1999, 64 p.
- 5- Hernández, R.: Nutrición de plantas. En: libro de Botánica [on line]. 2012. Disponible en sitio web: <http://www.forest.ula.ve/-rubemhg/nutricionmineral> Consultado el 26/01/2015.
- 6- Maclaren, R.G; L.M. Clucas; M.D. Taylor; T. Hendry: Leaching of macronutrientes and metals from undisturbed soil treated with metal – spiked sewage sludge.1. Leaching of macronutrientes. *Australian Journal of soil Rise arch.*, 41 (3): 571–588, 2013.
- 7- Medina, N.: La biofertilización como alternativa dentro de la Agricultura Sostenible. En: IV Simposio Internacional sobre caracterización y manejo de micorrizas rizosféricas. INCA, La Habana, Cuba, 2010, 207 p.
- 8- MINAG. Instructivo técnico del cultivo del tomate. Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba, 1999, 32 p.
- 9- Morales, L.: Influencia de diferentes concentraciones de INIFAT – 12 sobre algunos parámetros del crecimiento y la productividad del Tomate (*Solanum lycopersicon* M.) cv "ISCAB-10". 2008. En sitio web: <http://www.revistaciencias.com> Consultado el 22/ de abril de 2010. 2008.
- 10- NC 77-51: Vegetales y Viandas. Compendio de Normas y Especificaciones de calidad de los Productos Agrícolas. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba. 1991.
- 11- NOM-004-ECOL-2002: Norma Oficial Mexicana, Protección Ambiental; lodos y biosólidos; especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. SEMANAT. Diario Oficial de la Federación, 15 de agosto de 2003, 44 p.
- 12- Peña, E.T.; M.C. Ramírez; F. Martínez; A. Rodríguez; N. Companioni: Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana. INIFAT-Grupo Nacional de Agricultura Urbana, La Habana, Cuba, 2002, 65 p.
- 13- Pérez, J.L.: Incremento del valor nutritivo de lodos anaerobios porcinos para la alimentación de cerdos en crecimiento y ceba. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias, Universidad de La Habana, Cuba, 2002, 100 p.
- 14- Seoáñez, C.M.; E.B. Velazco; P.L. Sureda; P.S. Oliet: Tratado de reciclado y recuperación de productos de los residuos. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. Barcelona. 2000, 604 p. ISBN: 9788471149015
- 15- Smith, K.A.; A.J. Brewer; J. Crabb; A. Dauven: A survey of the production and use of animal manures in England and Wales. II. Poultry manure. *Soil use and management*, 17 (1): 1-60, 2001.
- 16- Soliva, M.: Compostatge i gestió de residus orgànics. Estudis i Monografies 21. Editorial Diputació de Barcelona: Àrea de Medi Ambient, Diputació de Barcelona. Institut d'Edicions, Barcelona, España, 2001, 111 p. ISBN: 84-7794-803-8.
- 17- Terry, E; M. Núñez; M. Pino; N. Medinas: Efectividad de la combinación biofertilizantes análogos en la nutrición del tomate. *Cultivos Tropicales*, 22(2): 59-65, 2001.
- 18- Utria, E.B.; J.A. Cabrera; I.M. Escobar; D. Morales; A.M. Fernández; E. Toledo: Utilización Agraria de los Biosólidos y su Influencia en la Planta de Tomate. *Revista Chapingo*, 14 (1): 38–39, 2010.
- 19- Valdés, W.M; S.R. Pérez; R.C. Juan: Utilización del

lodo obtenido de la digestión anaeróbica de la cachaza como bioabono para el cultivo del Ajo porro (*Allium porrum* L.). *Ínter ciencia*, 24 (4): 264–267, 1999.

20- Vergara, S.M; J. Echever; J. Padilla: La fertilidad de los suelos de ladera de la sierra norte de Oaxaca, México. *Agrociencia*, 39 (3): 259-266, 2005.

---

**Recibido el 11 de septiembre de 2014 y aceptado el 12 de julio de 2015**