



## Efectos del compost y lombriabono sobre el crecimiento y rendimiento de berenjena *Solanum melongena* L.

Effects of compost and vermicompost on growth and yield of eggplant *Solanum melongena* L.

José Cantero R.<sup>1</sup>; Laura Espitia N.<sup>1</sup>; Carlos Cardona A.<sup>2</sup>; César Vergara C.<sup>3</sup>; Hermes Araméndiz T.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Estudiantes Ingeniería Agronómica. Universidad de Córdoba. Montería, Colombia.

<sup>2</sup>Docente, Ph.D. Universidad de Córdoba. Montería, Colombia, ccardonaayala@yahoo.com.

<sup>3</sup>Docente, M.Sc. Universidad de Córdoba. Montería, Colombia, ceveco14@gmail.com.

<sup>4</sup>Docente, Ph.D. Universidad de Córdoba. Montería, Colombia, haramendiz@hotmail.com.

**Citar:** CANTERO, J.; ESPITIA, L.; CARDONA, C.; VERGARA, C.; ARAMÉNDIZ, H. 2015. Efectos del compost y lombriabono sobre el crecimiento y rendimiento de berenjena *Solanum melongena* L. Rev. Cienc. Agr. 32(2):56 - 67

Fecha de recepción: Abril 28 de 2015

Fecha de aceptación: Octubre 28 de 2015

### RESUMEN

La berenjena se cultiva de manera convencional en la región Caribe colombiana, con una alta demanda de insumos agrícolas. No se reporta aún la implementación del manejo ecológico del cultivo para mejorar la competitividad de este sistema de producción. Ante esta problemática, se evaluó el efecto de la fertilización con abonos orgánicos sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de la berenjena *Solanum melongena* L. en el valle medio del río Sinú. El experimento se realizó en el primer semestre de 2013 en el área experimental de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Córdoba, con diseño de bloques completos aleatorizados con seis tratamientos: lombriabono, compost, lixiviado de humus de lombriz, mezcla (lombriabono, compost y lixiviado de humus de lombriz), fertilización convencional con nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) y testigo (sin fertilización) y tres repeticiones. Se evaluaron las características días a floración y a cosecha, altura de planta, diámetro del tallo, área foliar, número de frutos por planta, peso de fruto, firmeza de fruto y rendimiento. El Análisis de Varianza mostró diferencias significativas en días a floración, encontrándose que las plantas fertilizadas con lombriabono fueron más precoces. No se observaron diferencias significativas en días a cosecha, altura de planta, diámetro de tallo, área foliar, número de frutos por planta, peso de fruto y rendimiento. La fertilización convencional con NPK y el compost registraron las mayores tasas mínimas de retorno marginal, por lo que el uso del compost es una buena alternativa de fertilización sostenible.

**Palabras clave:** Calidad de fruto, agricultura ecológica, fertilización orgánica, manejo alternativo.

## ABSTRACT

Eggplant is conventionally cultivated in the Colombian Caribbean region, with a high demand for agricultural inputs. The implementation of ecological crop management is not reported to enhance the competitiveness of the production system. Faced with this problem, the effect of fertilization with organic manures on eggplant *Solanum melongena* L. crop growth and yield was evaluated in the middle valley of the Sinú River in Córdoba, Colombia. The experiment was conducted in the first semester of 2013 in the experimental area of the Faculty of Agricultural Sciences of the Universidad de Córdoba, with a randomized complete block design with six treatments: compost, vermicompost, worm-humus leachate, mixture (compost, vermicompost and worm-humus leachate), nitrogen, phosphorus and potassium (NPK) fertilization, and a control (without fertilization) and three replicates. Characteristics regarding days to flowering and harvest, plant height, stem diameter, leaf area, number of fruits per plant, fruit weight, fruit firmness, and yield were evaluated. The analysis of variance showed significant differences in days to flowering, finding that plants fertilized with worm composting were more precocious. No significant differences in days to harvest, plant height, stem diameter, leaf area, number of fruits per plant, fruit weight, and yield were observed. NPK fertilization and compost had the highest minimum rates of marginal return, thus, compost use is a good alternative for sustainable fertilization.

**Keywords:** Fruit quality, ecological agriculture, organic fertilization, alternative management.

## INTRODUCCIÓN

La berenjena *Solanum melongena* L. pertenece a familia de las solanáceas, así como el tomate, el pimiento, el ají y la papa; la planta puede llegar a una altura de 1,0 - 1,8 m y su sistema radicular puede alcanzar la profundidad de 1,0 m; es cultivada a gran escala en Asia, África y en áreas tropicales y subtropicales de la India y América, al igual que en regiones templadas del sur de los Estados Unidos y del Mediterráneo, con un gran consumo en China, India e Irán (Araméndiz *et al.*, 2008).

El incremento en la población mundial, asociado a una mayor demanda de alimentos, ha provocado un uso intensivo de los recursos naturales (Benzing, 2001), con impactos negativos en la sostenibilidad de los sistemas productivos. La demanda de alimentos con mayor calidad está en aumento en el mundo, en particular en los países con más altos ingresos, como consecuencia de un mayor conocimiento de la relación entre una buena dieta y la salud. En este sentido, la berenjena es una de las hortalizas con demanda creciente por parte

de los consumidores de productos nutraceuticas y saludables, ya que posee buen nivel nutricional y propiedades reductoras del colesterol (García *et al.*, 2003). Los mayores productores de esta hortaliza en América en 2013, fueron México, USA, República Dominicana, Venezuela, Honduras y Guyana con 123.142, 67.784, 24.283, 13.447, 13.100 y 5.741 t, respectivamente; en tanto que los mayores exportadores en 2012 fueron México, USA, Honduras y República Dominicana con 63.613, 17.769, 8.539 y 6.299 t, en su orden (FAO, 2015).

En Colombia la berenjena es cultivada en seis departamentos, con un área de 253 ha y una producción de 2.616 t, con rendimientos de 8,87 t·ha<sup>-1</sup>. Las zonas productoras de mayor importancia en el Caribe colombiano, están localizadas en el departamento de Córdoba, que concentra el 42,5 % de la producción nacional, seguido por Magdalena con 27,1% y Sucre con el 11,2% (MADR, 2012). Esta especie es cultivada en áreas que oscilan entre 1.000 y 5.000 m<sup>2</sup>, manejadas con deficiente tecnología y serios problemas de comercialización (Araméndiz *et al.*, 2008; Agronet, 2008).

Uno de los factores de la deficiente tecnología, es la fertilización inadecuada y el desconocimiento de alternativas sostenibles de manejo de la productividad del suelo, que se expresan en bajos rendimientos, por debajo de  $16 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , donde el 30% de los frutos no cumplen con la calidad, tamaño y forma requeridos por el mercado (Brun y Flórez, 2009). Es entendible que ante esta situación, se pierde competitividad y la posibilidad de exportar a los mercados de los Estados Unidos, Canadá, Francia, Alemania y el Reino Unido, hacia donde la exportación de berenjena se ha incrementado (FAO, 2006).

El uso de elevadas dosis de fertilizantes sintéticos, nitrogenados y fosfatados, representa un alto costo y causa graves daños al ambiente (Montaño *et al.*, 2009) igualmente, pueden influenciar dramáticamente el balance de elementos nutricionales en las plantas y es probable que su uso excesivo incremente los desequilibrios nutricionales, lo cual a su vez, reduce la resistencia a insectos plaga y tienen un efecto negativo en la salud del consumidor por la trazabilidad de los mismos (Nieto *et al.*, 2002). Así mismo, las pérdidas por baja eficiencia oscilan entre un 19% y 95% (Zhang *et al.*, 2014).

En contraste, los abonos orgánicos constituyen una alternativa sostenible, aunque no contengan los nutrimentos suficientes para la obtención de cosechas de alto rendimiento, porque promueven el incremento de la materia orgánica del suelo, la actividad microbiana y una liberación gradual de nutrientes a la planta, para una nutrición mineral más balanceada (Nicholls y Altieri, 2006). Además, la adición de materiales orgánicos al suelo reduce procesos como lixiviación, fijación y volatilización, que dependen de la tasa de descomposición del material orgánico, la cual es controlada por la temperatura, humedad, textura, mineralogía del suelo y composición química del material orgánico utilizado (Mueller *et al.*, 2013).

El desafío inmediato es desarrollar formas de agricultura ecológica, sustentable, resiliente y socialmente justa que soporten un sistema alimentario más equitativo y viable para agricultores y consumidores (Nicholls y Altieri, 2012). La agricultura ecológica es una alternativa que permite, además de sustituir los insumos tradicionales, mantener y mejorar la calidad del suelo, la producción de alimentos libre de trazabilidad no sostenible, dado que no incorpora en los sistemas de producción, agroquímicos que afectan los recursos agua, suelo y medio ambiente (Rodríguez *et al.*, 2007).

En el caso de la fertilización, se han desarrollado diferentes fuentes de origen orgánico, cuya efectividad ha sido bien documentada (Mueller *et al.*, 2013; Souza *et al.*, 2015; Masaka y Nyamangara, 2015). En los suelos manejados bajo principios agroecológicos se observan incrementos de la entomofauna, mayor actividad biológica, aumento de los niveles de materia orgánica, de la fertilidad del suelo y por ende de la productividad del cultivo (Altieri y Nicholls, 2003).

El objetivo de ésta investigación, fue evaluar el efecto de los abonos orgánicos, compost, lombriabono y lixiviado de humus de lombriz sobre las respuestas morfo-fisiológicas de la berenjena, pretendiendo obtener producciones que resulten sostenibles, rentables para el agricultor y a la vez contribuyan a la seguridad alimentaria.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización del experimento.** El experimento se estableció en el primer semestre del 2013 en el área experimental de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Córdoba, ubicada en el municipio de Montería, a 14 msnm,  $8^{\circ}44' \text{LN}$  y  $75^{\circ}53' \text{ de LO}$ , precipitación anual promedio de 1346,1 mm, humedad relativa del 84%, temperatura promedio anual de  $27,4^{\circ} \text{C}$ , brillo solar anual

de 2108,2 horas y zona de vida denominada bosque seco tropical (bs-T), según la clasificación de Holdridge (Palencia *et al.*, 2006). El suelo donde se instaló el ensayo presentó textura franco-limosa, pH=6,4; MO =1,64% (Walkley y Black); P =17,5 ppm (Bray II); Ca<sup>2+</sup> = 13,5 mg/kg; Mg<sup>2+</sup> = 8,0 mg/kg suelo; K<sup>+</sup> = 0,04 cmol/kg suelo (los tres últimos extraídos con acetato de amonio, (1 mol/L a pH= 7) y posteriormente, determinados por absorción atómica.

**Material vegetal.** Se utilizaron semillas de la línea PH06, del banco de germoplasma de la Universidad de Córdoba.

**Diseño experimental.** El experimento se estableció bajo un diseño de Bloques Completamente al Azar con seis tratamientos y tres repeticiones. La unidad experimental consistió en parcelas de 28 m<sup>2</sup> con 7 m de longitud por 4 m de ancho, para un total de 28 plantas. La densidad de siembra fue de 1,0 m entre surcos y entre plantas, atendiendo la estimación del tamaño óptimo de parcela reportado por Espitia *et al.* (2007). La distancia entre unidades experimentales y bloques fue de 1 m y el área neta experimental de 504 m<sup>2</sup>. Los tratamientos fueron:

T1: Lombriabono 521,4 g/planta, equivalente a 5.214 kg·ha<sup>-1</sup>; T2: Compost 1.657,1 g/planta, equivalente a 16.571 kg·ha<sup>-1</sup>; T3: Lixiviado de humus de lombriz 728 ml/planta, equivalente a 7.280 l·ha<sup>-1</sup>; T4: Mezcla de Lombriabono 173,8 g/planta + Compost 552,3 g/planta + Lixiviado de humus de lombriz 241,0 ml/planta, equivalentes a 5.523 kg·ha<sup>-1</sup>, 1.738 kg·ha<sup>-1</sup> y 2426 l·ha<sup>-1</sup>, respectivamente; T5: Convencional urea 13,5 g/planta + DAP 31,0 g/planta + KCl 56,5 g/planta, equivalentes a 135 kg·ha<sup>-1</sup> de urea, 310 kg·ha<sup>-1</sup> de DAP y 565 kg·ha<sup>-1</sup> de KCl; T6: Testigo, sin aportación de ningún tipo de fertilizante o abono.

**Manejo del material vegetal y las unidades experimentales.** La preparación del terreno se efectuó con dos pases de cincel, dos de rastra y

una caballoneada. Luego se trazaron los bloques y se instaló el riego por goteo, para atender los requerimientos hídricos del cultivo en el área experimental, de 8 L·planta<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup> (Sánchez *et al.*, 2004). Previo al trasplante, durante cuatro semanas consecutivas y en días alternos, se realizó pre-tratamiento orgánico del suelo en las unidades experimentales con extractos de ajo *Allium sativum* L. (30 ml·l<sup>-1</sup>), neem *Azadirachta indica* A. Juss. (50 ml·l<sup>-1</sup>) y una mezcla de cal agrícola y ceniza (7,5 g·L<sup>-1</sup> + 2,5 g·l<sup>-1</sup>). Las plántulas fueron producidas en bolsas de polietileno (16,5 cm x 10,0 cm). Como sustrato se utilizó una mezcla de arena y aluvión en proporciones de 1:1, que se desinfectó con una disolución de extracto del árbol de neem (50 ml·l<sup>-1</sup>).

El transplante se realizó cuando las plantas cumplieron 35 días en semillero y registraron una altura de 15-20 cm y 3-4 hojas verdaderas. Para el control de malezas se utilizó cobertura plástica de polipropileno bicapa gris-negro. Sólo fue necesario realizar dos controles manuales entre los caballones, a los 60 y 115 días.

**Plan de fertilización.** Se hicieron determinaciones sobre una muestra de suelo del área experimental tomada a una profundidad de 20 cm y a las fuentes de abonos orgánicos. El nitrógeno se determinó por Kjeldahl, fósforo por Bray II y potasio por extracción con acetato de amonio, en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad de Córdoba.

La dosis de fertilizante químico, se estimó mediante un balance de nutrimentos entre el aporte del suelo y la demanda teórica del cultivo señalada por Ribeiro *et al.* (1998). Para los abonos orgánicos se estimaron las dosis o cantidades necesarias para la aplicación a las plantas (tratamientos), teniendo en cuenta la fertilidad natural del suelo del área experimental, la cantidad de nutrientes aportada por los abonos y el valor presente de éstos y del fertilizante convencional. La cantidad de abono

orgánico y fertilizante convencional NPK por planta, se fraccionó para dos aplicaciones, a los 10 y 20 días después del trasplante.

### Caracteres fenológicos y morfofisiológicos.

Se registraron días a floración y días a cosecha después del trasplante (cuando al menos el 50% de las plantas de cada unidad experimental presentaron flores o frutos en estado de madurez de consumo, respectivamente). Se tomaron datos cada siete días de altura de planta, diámetro del tallo y área foliar sobre tres plantas por cada parcela experimental, hasta 92 días después del trasplante; longitud (desde el ápice hasta la base) y diámetro del fruto (parte más gruesa) durante las seis primeras semanas de cosecha; número, peso y rendimiento de frutos en diez plantas/parcela durante quince semanas de cosecha, y firmeza del fruto en la sexta semana de cosecha. Además se hizo un análisis económico basado en análisis de dominancia y análisis marginal (Reyes, 2002).

Al iniciar floración, se realizó un muestreo de hojas para estimar el estado nutricional de las plantas de berenjena, mediante determinaciones de macro y micronutrientes, como variables de respuesta a la aplicación de los tratamientos. Se hicieron determinaciones de N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cu, Fe, Zn, Mn, B, en el laboratorio de suelos y aguas de la Universidad de Córdoba.

**Análisis estadístico.** Se realizó el Análisis de Varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). Además se efectuaron análisis de regresión en las variables altura de planta, área foliar y diámetro del tallo. Se probaron modelos lineales, cuadráticos, semi-logarítmicos y logarítmicos. El mejor modelo se escogió sobre la base del error cuadrático medio, el coeficiente de determinación y el coeficiente de variación, previo diagnóstico de valores influenciales teniendo en cuenta los errores estudentizados y la distancia de Cook. Se utilizó el programa SAS versión 9.2 (SAS, 2008).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Altura de planta, diámetro de tallo y área foliar.

Las características altura de planta, diámetro del tallo y el área foliar por planta no fueron influenciadas significativamente por las diferentes fuentes de abonos orgánicos ni por la fertilización convencional (Tabla 1). La altura media a los 92 días después del trasplante fue de  $107,8 \pm 15,2$  cm y no hubo diferencias con el testigo. Este resultado es concordante con los reportados en tomate por Rodríguez *et al.* (2007) y Rodríguez *et al.* (2009). Sin embargo, Acevedo y Pire (2004) y Rodríguez *et al.* (2008) en tomate y papaya, respectivamente, encontraron mayor altura de planta con el uso de abonos orgánicos.

**Tabla 1.** Valores medios y errores estándar de cinco características morfo-fisiológicas y fenológicas de berenjena, bajo diferentes fuentes de fertilización edáfica.

Tratamiento	AP (cm)	DT (cm)	AF (cm <sup>2</sup> )	DF	DC
Lombriabono	106,9 ± 4,8 a	1,81 ± 0,21 a	6006,3 ± 474,8 a	33,3 ± 0,9 b	58,3 ± 2,3 a
Compost	112,8 ± 1,5 a	2,06 ± 0,06 a	6683,7 ± 119,7 a	37,7 ± 1,9 ab	65,3 ± 4,7 a
Lixiviado de humus de lombriz	95,3 ± 18,9 a	1,59 ± 0,33 a	4932,8 ± 1050,3a	42,0 ± 2,1 a	67,7 ± 8,4 a
Mezcla	112,8 ± 5,1 a	1,93 ± 0,08 a	5625,9 ± 288,3 a	34,7 ± 2,2 ab	63,0 ± 0,0 a
Convencional	113,1 ± 0,90 a	1,87 ± 0,18 a	5299,8 ± 500,3 a	38,3 ± 2,2 ab	77,0 ± 4,0 a
Testigo	106,4 ± 2,7 a	1,78 ± 0,11 a	5839,5 ± 868,9 a	37,3 ± 1,5 ab	60,7 ± 4,7 a

AP= altura de planta, DT= Diámetro de tallos, AF= área foliar, DF= días a floración, DC= días a cosecha. Medias identificadas con la misma letra no difieren estadísticamente, (Tukey;  $P \leq 0,05$ ).



En todos los tratamientos, el crecimiento en altura de planta fue semilogarítmico o exponencial. Para cada tratamiento se estimó una función que permite estimar las tasas de crecimiento (coeficiente b) y altura de planta (antilogaritmo neperiano de Y), como respuesta al tipo de abono, dentro del rango de tiempo utilizado (Tabla 2).

El diámetro medio de tallo fue de  $1,83 \pm 0,08$  cm (Tabla 1). Para los tratamientos basados en compost y lombrionato, los modelos de mejor ajuste resultaron cuadráticos, mientras que para la mezcla (Lombrionato + Compost + Lixiviado de humus de lombriz), convencional, testigo y lixiviado de humus de lombriz, modelos lineales (Tabla 2).

El área foliar media fue de  $5.731,32 \pm 252,41$  cm<sup>2</sup> y al igual que para la altura de planta y el diá-

metro de tallo no acusó diferencia con relación al testigo (Tabla 1), lo que posiblemente obedezca a que el potencial de fertilidad natural del suelo representado en el factor capacidad e intensidad del mismo, fue suficiente para que las plantas expresasen su potencial de crecimiento y la dimensión del error experimental no fue suficiente para discriminar las diferencias entre tratamientos. Este resultado contrasta con los de otros cultivos. Acevedo y Pire (2004) encontraron valores más altos de área foliar en papaya utilizando lombricompost, en tanto que Hidalgo *et al.* (2009) encontraron mayor área foliar en maracuyá con sustratos mezclados con vermicompost. Para esta característica cuantitativa, se ajustaron modelos potenciales en todos los tratamientos, incluyendo el testigo (Tabla 2).

**Tabla 2.** Ecuaciones de regresión de altura de planta, diámetro del tallo y área foliar por planta, en función del tiempo (días), de la berenjena bajo diferentes fuentes de fertilización.

VARIABLES	TRATAMIENTO	MODELO	R <sup>2</sup>	CV
Altura de planta	Lombrionato	$Lny = 2,095 + 0,231 x$	0,9674	4,13
	Compost	$Lny = 1,888 + 0,244 x$	0,9600	5,03
	Lixiviado de humus de lombriz	$Lny = 2,052 + 0,210 x$	0,8771	8,04
	Mezcla	$Lny = 1,979 + 0,243 x$	0,9626	4,71
	Convencional	$Lny = 1,949 + 0,240 x$	0,9789	3,51
	Testigo	$Lny = 2,039 + 0,239 x$	0,9661	4,35
Diámetro de tallo	Lombrionato	$y = 0,0084 + 0,1937x - 0,0032 x^2$	0,9048	15,81
	Compost	$y = 0,0893 + 0,1126x + 0,0050 x^2$	0,9746	9,21
	Lixiviado de humus de lombriz	$y = 0,0856 + 0,1297x$	0,7063	31,35
	Mezcla	$y = 0,0303 + 0,1646x$	0,9708	9,08
	Convencional	$y = 0,0458 + 0,156x$	0,9432	12,64
	Testigo	$y = 0,0473 + 0,1509x$	0,9628	10,09
Área foliar	Lombrionato	$Lny = 3,535 + 2,678Ln x$	0,9558	5,32
	Compost	$Lny = 2,361 + 3,204Ln x$	0,9569	6,01
	Lixiviado de humus de lombriz	$Lny = 3,348 + 2,575Ln x$	0,9352	6,02
	Mezcla	$Lny = 3,053 + 2,862Ln x$	0,9646	4,25
	Convencional	$Lny = 3,377 + 2,661Ln x$	0,9749	3,71
	Testigo	$Lny = 3,186 + 2,804Ln x$	0,9873	2,80

R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinación ajustado; CV= Coeficiente de variación (%).

**Días a floración y días a cosecha.** La floración inició a los  $37,2 \pm 2,8$  días, después del trasplante con diferencias significativas entre las medias de tratamientos (Tabla 1). El tratamiento con lixiviado de humus de lombriz, indujo una floración más tardía (42 días) con respecto al tratamiento con lombriabono (33 días), pero sin diferir del resto de los tratamientos. Resultados similares en berenjena, fueron reportados por Montaña *et al.* (2009) quienes con diferentes tipos de abonos orgánicos reportaron floración a los 28 días después de trasplante, mientras que Brun y Flórez (2009) reportaron menor tiempo para iniciar floración con la fertilización convencional en berenjena. En ají dulce han reportado disminución del número de días a floración con la aplicación de arena mezclada con vermicompost de estiércol bovino (Rodríguez *et al.*, 2007).

El promedio de días a cosecha, fue de  $65,3 \pm 7,1$ . No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 1), sin embargo el tratamiento con lombriabono presentó frutos en madurez de consumo, en promedio, a los 58,3 días después del trasplante, mientras que

el convencional a los 77, es decir, éste fue 24,3% más tardío. En general, los tratamientos con fertilización orgánica presentaron medias con diferencias de al menos 10 días para el inicio de la cosecha, lo que sugiere que los agricultores podrían obtener frutos en menor tiempo y lograr un mejor precio de mercado.

**Longitud y diámetro de fruto.** La longitud media de fruto fue  $20,62 \pm 0,33$  cm. El ANDEVA no detectó diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 3). Los diferentes tipos de fertilización evaluados, influyeron de manera similar en la longitud del fruto en las primeras siete semanas, sin embargo, variaron entre 21,76 cm (testigo) y 19,85 cm (lombriabono), tamaños clasificados como grandes y de primera calidad, según la norma ICONTEC (2003). Resultados similares fueron reportados por Montaña *et al.* (2009) quienes encontraron longitudes de 20,13 y 23,17 cm, utilizando diferentes fuentes de abonos y fertilizantes, en tanto que Flores y Martínez (2013) encontraron promedios de 15,0 y 19,6 cm en variedades comerciales de berenjena.

**Tabla 3.** Valores medios y errores estándar de caracteres del fruto y el rendimiento de fruto/hectárea de berenjena bajo diferentes fuentes de fertilización.

Tratamiento	LF(cm)	DF (cm)	NFP	PPF (g)	FF (kgf·cm <sup>-2</sup> )	RT (t·ha <sup>-1</sup> )
Lombriabono	19,85 ± 1,14	7,89 ± 0,15	10,30 ± 2,74	279,12 ± 10,71	11,50 ± 0,85	27,29 ± 8,03
Compost	21,05 ± 0,61	7,40 ± 0,45	15,70 ± 1,72	268,33 ± 15,26	10,56 ± 0,32	39,19 ± 4,29
Lixiviado de lombriz	19,96 ± 1,02	7,64 ± 0,10	10,53 ± 3,32	259,69 ± 13,81	10,43 ± 1,07	28,34 ± 8,43
Mezcla	20,05 ± 0,65	7,37 ± 0,15	11,87 ± 1,75	275,74 ± 5,10	10,36 ± 0,48	31,17 ± 4,23
Convencional	21,07 ± 1,00	9,02 ± 1,44	12,67 ± 4,16	273,03 ± 8,43	7,70 ± 0,55	32,08 ± 10,30
Testigo	21,76 ± 1,13	7,26 ± 0,07	9,13 ± 1,82	262,12 ± 15,21	11,36 ± 1,58	22,83 ± 5,60
Media	20,62 ± 0,33	7,76 ± 0,25	11,70 ± 1,20	269,67 ± 5,05	10,32 ± 0,35	30,14 ± 3,20

LF= Longitud de frutos, DF= Diámetro de frutos, NFP= Número de frutos/planta, PPF= Peso promedio de frutos, RT= Rendimiento de frutos, FF= Resistencia de fruto.

El diámetro medio de frutos fue de  $7,76 \pm 1,10$  cm. No existieron diferencias significativas (Tabla 3). Sin embargo, los frutos del tratamiento con fertilización convencional presentaron una media de 9,02 cm, clasificado como grande según normas ICONTEC (2003) mientras que la media del testigo fue de 7,26 cm, clasificado como mediano por la citada norma, y similar al reportado por Montaña *et al.* (2009) con el uso de fertilización química. La longitud y el diámetro de los frutos son similares a los reportados por Araméndiz *et al.* (2014) para nuevas líneas y variedades comerciales de berenjena.

**Número, peso y firmeza de frutos.** El número y peso medio de fruto por planta fue  $11,70 \pm 1,20$  y  $269,67 \pm 5,05$  g, en su orden y la firmeza promedio fue de  $10,32 \pm 0,35$  kgf·cm<sup>-2</sup>, sin diferencias significativas entre las medias de tratamientos de estas tres características (Tabla 3).

El rango de número de frutos fue similar al reportado por Muñoz *et al.* (2009) en cultivares comerciales de berenjena. El peso de frutos/planta varió entre 262,12 g (testigo) y 279,12 g (tratamiento con lombriabono). Esto podría atribuirse al hecho de que los nutrientes en los abonos orgánicos, se liberan gradualmente a través del proceso de mineralización, con el fin de mantener los niveles óptimos de suelo durante períodos prolongados de tiempo. Así mismo, algunas de las sustancias orgánicas liberadas durante la mineralización pueden actuar como quelatos que ayudan en la absorción de hierro y otros micronutrientes (Suge *et al.*, 2011).

Investigaciones adelantadas por Wessel (1992), Tavares *et al.* (1999) y Araméndiz *et al.* (2009) en tomate, pimentón y berenjena, resaltan que al aumentar el número de frutos/planta, disminuye el peso de cada fruto, por la correlación negativa entre estos dos caracteres.

**Tabla 4.** Análisis de tejido foliar de plantas de berenjena bajo diferentes fuentes de nutrición.

Nutriente mineral	Fuentes de nutrición							Media
	Lombriabono	Compost	Lixiviado de lombriz	Mezcla	Convencional	Testigo	CV (%)	
N (%)	3,88	3,65	3,47	3,60	4,11	3,06	10,55	$3,63 \pm 0,09$
S	1,52	1,73	2,42	2,14	1,56	2,66	34,92	$2,00 \pm 0,16$
P	4,41	4,37	7,02	4,44	4,90	4,84	37,10	$4,94 \pm 0,43$
Ca	30,6	29,07	29,07	31,28	24,03	36,13	17,88	$30,15 \pm 1,27$
Mg	10,48	11,02	12,25	12,07	8,94	12,33	14,35	$11,18 \pm 0,37$
K	78,14	77,64	73,56	69,26	70,85	68,59	11,04	$73,00 \pm 1,90$
Na	0,31	0,40	0,36	0,59	0,45	0,39	20,98	$0,42 \pm 0,02$
Cu	26,06	24,76	29,5	30,36	26,26	31,16	17,31	$28,00 \pm 1,14$
Fe	280,97	241,2	300,4	264,6	456,9	363,43	31,36	$317,91 \pm 23,50$
Zn	72,5	68,97	93,33	74,93	64,87	84,83	24,55	$76,57 \pm 4,43$
Mn	86,43	32,00	58,53	34,6	196,93	39,8	79,87	$74,71 \pm 14,06$
B	43,86	44,33	49,1	51,83	46,56	52,76	15,50	$48,07 \pm 1,75$

N en %; S, P, Ca, Mg, K y Na en g·kg<sup>-1</sup>; Cu, Fe, Zn, Mn y B en mg·kg<sup>-1</sup>.



Según Santos *et al.* (2001) el aumento en el número de frutos, en plantas fertilizadas, es consecuencia de un mayor desarrollo vegetativo y un mayor número de inflorescencias por planta. Por otro lado, la reducción en el número de flores y por ende en el número de frutos por planta en berenjena está asociada a la deficiencia de diversos nutrientes, tales como nitrógeno, fósforo, calcio, boro, cobre y zinc (Malavolta, 1987).

La firmeza varió entre  $11,50 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$  (tratamiento con lombriabono) y  $7,70 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$  (tratamiento convencional), valores similares a los reportados por Flores y Martínez (2013) en esta misma especie.

Las fuentes orgánicas y convencionales de fertilizantes no influyeron en la firmeza del fruto, posiblemente por los altos niveles de calcio en el suelo donde se realizó el experimento, reflejados en el análisis foliar (Tabla 4). Ha sido documentada la influencia del calcio en la firmeza de los frutos, como los sostienen Gajewski y Arasimowicz (2004), Gajewski *et al.* (2009), al ser fundamental en la estructura y función de las paredes celulares, donde el pectato de calcio da estabilidad a las mismas (Taiz y Zeiger, 2010). Por tal razón, los valores altos de firmeza en los frutos, representan una ventaja agronómica para su transporte y comercialización (Araméndiz *et al.*, 2011).

El rendimiento medio de frutos, en las primeras 15 semanas de cosecha, fue de  $30,14 \pm 3,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , sin diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, la amplitud de variación del rendimiento de frutos por hectárea estuvo entre 22,83, en el testigo, y  $39,19 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  en el tratamiento con compost (Tabla 3), rango que está dentro del reportado por Araméndiz *et al.* (2008) entre  $7$  y  $40 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

La ausencia de efecto de tratamientos en este estudio, posiblemente se debe a la alta fertilidad

del suelo, como lo indica el análisis del mismo, ya que presentó niveles óptimos en casi todos los elementos esenciales que permiten satisfacer la demanda nutricional de las plantas, situación similar a la reportada por Ureña *et al.* (2011) en ají *Capsicum annum* L. en un sistema de agricultura sostenible en República Dominicana.

Por otro lado, este resultado difiere de estudios que han reportado incrementos en el rendimiento de frutos con el uso de compost en berenjena (Montaño *et al.*, 2009) y en pimiento (De Grazia *et al.*, 2006), pero es consistente con las respuestas encontradas en tomate por Cruz *et al.* (2012), Rodríguez *et al.* (2008) y Cruz *et al.* (2009).

## CONCLUSIONES

Los caracteres vegetativos de la planta de berenjena altura de planta, diámetro de tallo y área foliar y las características del fruto longitud, diámetro y firmeza no fueron influenciadas por las fuentes de nutrición orgánica (lombriabono, compost, lixiviado de humus de lombriz) e inorgánica (fertilización convencional con nitrógeno, fosforo y potasio) evaluadas.

La floración más temprana ocurrió con la aplicación de lombriabono y, en general con fertilización orgánica se estimaron diferencias de al menos 10 días para el inicio de la cosecha, con lo cual se podrían obtener frutos en menor tiempo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, I. y PIRE, R. 2004. Efecto del lombricompost como enmienda de un sustrato para el crecimiento de lechoso (*Carica papaya* L.). *Interciencia*. 29(5):274 - 279.
- AGRONET. 2008. Producción nacional por producto. Estadísticas de berenjena. En: <http://www.agronet.gov.co/agronetweb/AnalisisEstadisticas/tabid/73/Default.aspx>; consulta: noviembre, 2011.

- ALTIERI, M. y NICHOLLS, C. 2003. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil and Tillage Research*. 72:203 - 211.
- ARAMÉNDIZ, H. CARDONA, C.E. y ESPITIA, M.M. 2009. Correlaciones fenotípicas, ambientales y genéticas en berenjena. *Acta Agronómica*. 58(4):285 - 291.
- ARAMÉNDIZ, H., CARDONA, C.E. y VERGARA, C.A. 2014. Parámetros genéticos relacionados con características del fruto en berenjena (*Solanum melongena* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 8(1):103 - 111.
- ARAMÉNDIZ, H., CARDONA, C.E., JARMA, A. y ESPITIA, M.M. 2008. El cultivo de la Berenjena (*Solanum melongena* L.). 1a ed. Bogotá, editorial Produccion. 152 p.
- ARAMÉNDIZ, H., SUDRÉ, C., GONÇALVES, L. y RODRIGUES, R. 2011. Potencial agronómico e divergência genética entre genótipos de berinjela nas condições do Caribe Colombiano. *Horticultura Brasileira*. 29(2):174 - 180.
- BENZING, A. 2001. Agricultura Orgánica-Fundamentos para la Región Andina. Primera Edición. Editorial Villigen - Schweningen, Neckar-Verlag. Alemania. 682 p.
- BRUN, O. y FLÓREZ, E. 2009. Respuesta de la berenjena (*Solanum melongena* L.) a la fertilización del valle del Sinú. Tesis Ingeniero agrónomo, Universidad de Córdoba, Montería. 102 p.
- CRUZ, C., ESTRADA, B., ROBLES, T., OSORIO, O., MÁRQUEZ, H. y SÁNCHEZ, H. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y Ciencia*. 25:59 - 67.
- CRUZ, E., SANDOVAL, M., VOLKE, V., CAN, A. y SÁNCHEZ, J. 2012. Efecto de mezclas de sustratos y concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3 (7):1361 - 1373.
- DE GRAZIA, J., TITTONELL, P. y CHIESA, A. 2006. Efecto de sustratos con compost y fertilización nitrogenada sobre la fotosíntesis, precocidad y rendimiento de pimiento (*Capsicum annuum*). *Ciencia e investigación Agraria*. 34 (3):195 - 204.
- ESPITIA, M.M., ROBLES, J.R., ARAMÉNDIZ, H. y CARDONA, C.E., 2007. Tamaño óptimo y forma de parcela experimental en berenjena (*Solanum melongena* L.). *Revista Fitotecnia Colombiana*. 7 (1):33 - 42.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). 2006. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Estadística sobre agricultura. En: <http://www.faos-tat.fao.org>; consulta: noviembre, 2012.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). 2015. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Estadística sobre agricultura. En: <http://www.faos-tat.fao.org>; consulta: abril, 2015.
- FLORES, E. y MARTÍNEZ, F. 2013. Comportamiento agronómico y calidad de fruto de líneas e híbridos de berenjena en el municipio de Sampués. Tesis Ingeniero agrónomo Universidad de Córdoba, Montería. 87 p.
- GAJEWSKI, M. y ARASIMOWICZ, D. 2004. Sensory quality of eggplant fruits (*Solanum melongena* L.) as affected by cultivar and maturity stage. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 54 (3):249 - 254.
- GAJEWSKI, M., KATARZYNA, K. y BAJER, M. 2009. The Influence of Postharvest Storage on Quality Characteristics of Fruit of Eggplant Cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 37 (2):200 - 205.
- GARCÍA, E., HERNÁNDEZ, E., DE PAULA, C.D. y ARAMÉNDIZ, H. 2003. Caracterización bromatológica de la berenjena (*Solanum melongena* L.) en el departamento de Córdoba. *Temas Agrarios*. 8 (1):27 - 32.
- HIDALGO, P., SINDONI, M. y MARIN, C. 2009. Evaluación de sustratos a base de vermicompost y enmiendas orgánicas líquidas en la propagación de parchita (*Passiflora edulis* v. *flavicarpa*) en vivero. *Revista UDO Agrícola*. 9 (1):126 - 135.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). 2003. Requisitos que debe cumplir la berenjena destinada a ser consumida en estado fresco. Norma técnica NTC 1220. 4 p.

- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (MADR). 2012. Anuario estadístico de frutas y hortalizas 2017-2011 y sus calendarios de siembra y cosechas. Resultados evaluaciones agropecuarias municipales 2011. En: <http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/Anuario/ANUARIO%20ESTADISTICO%20DE%20FRUTAS%20Y%20HORTALIZAS%202011.pdf>; consulta: abril, 2015.
- MALAVOLTA, E. 1987. Manual de calagem e adubação das principais culturas. São Paulo Editorial Ceres. 496 p.
- MASAKA, J. y MYANGAMARA, J. 2015. Effect of Inorganic and Organic Fertilizer Application on Nitrate Leaching in Wetland Soil Under Field Tomato (*Lycopersicon esculentum*) and Leaf Rape (*Brassica napus*). Agricultural Research. 4(1):63 - 75.
- MONTAÑO, N., SIMOSA, J. y PERDOMO, A. 2009. Respuesta de tres cultivares de berenjena (*Solanum melongena* L.) a diferentes combinaciones de fertilizante orgánico y fertilizante químico. Revista UDO Agrícola. 9(4):807 - 815.
- MUELLER, S., WAMSER, A.F., SUZUKI, A. y BECKER W.F. 2013. Produtividade de tomate sob adubação orgânica e complementação com adubos minerais. Horticultura Brasileira. 31:860 - 92.
- MUÑOZ-FALCON, J.E., PROHENS, J., VILANOVA, S. y NUEZ, F. 2009. Diversity in commercial varieties and landraces of black eggplants and implications for broadening the breeder's gen pool. Annals of Applied Biology. 154(3):453 - 465.
- NICHOLLS, C. y ALTIERI, M. 2006. Manejo de la fertilidad de suelos e insectos plaga: armonizando la salud del suelo y la salud de las plantas en los agroecosistemas. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. 77:8 - 16.
- NICHOLLS, C. y ALTIERI, M. 2012. Modelos ecológicos y resilientes de producción agrícola para el siglo XXI. Agroecología. 6:28 - 37.
- NIETO, G., MURILLO, A., TROYO, D., LARRINAGA, J. y GARCÍA, H. J. L. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. Interciencia. 27 (8):417 - 421.
- PALENCIA, G., MERCADO, T. y COMBATT, E. 2006. Estudio agroclimático del departamento de Córdoba. Editorial Gráficas el Caribe, Montería. 126 p.
- RIBEIRO, C., BRUNE, S. y REIFSCHNEIDER, F. 1998. Cultivo da berinjela (*Solanum melongena* L.). Brasília, DF: Embrapa Hortaliças. 23 p. (Embrapa Hortaliças. Instruções técnicas 15).
- RODRÍGUEZ, N., CANO, P., FIGUEROA, U., FAVELA, E., MORENO, A., MÁRQUEZ, C., OCHOA, E. y PRECIADO, P. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. Terra latinoamericana. 27 (4):319 - 327.
- RODRÍGUEZ, N., CANO, P., FIGUEROA, U., PALOMO, A., FAVELA, E., ÁLVAREZ, V., MÁRQUEZ, C. y MORENO, A. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. Revista Fitotecnia Mexicana. 31(3):265 - 272.
- RODRÍGUEZ-DIMAS, N., CANO-RÍOS, P., FAVELA-CHÁVEZ, E., FIGUEROA-VIRAMONTES, U., ÁLVAREZ, V., PALOMO-GIL, A., MÁRQUEZ-HERNÁNDEZ, C. y MORENO-RESÉNDEZ, A. 2007. Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. Revista Chapingo Serie Horticultura. 13 (2):185 - 192.
- SÁNCHEZ, C., ARRIETA, A., FLOREZ, S., MERCADO, T., MARTÍNEZ, J. y MARTÍNEZ, A. 2004. Requerimiento hídrico de la berenjena *Solanum melongena* L. bajo riego por goteo en el Valle del Sinú. Agronomía Colombiana. 22 (2):170 - 176.
- SANTOS, G.M., OLIVEIRA, A.P., SILVA, J.A.L., ALVES, E.U., y COSTA, C.C. 2001. Características e rendimento de vagem do feijão-vagem em função de fontes e doses de materia orgânica. Horticultura Brasileira. 19 (1):30 - 34.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS). 2008. SAS/STAT® 9.2 User's Guide. Institute Inc. Cary, NC. U S A.
- SOUZA, J.L., GUIMARÃES G.P. y FAVARATO L.F. 2015. Desenvolvimento de hortaliças e atributos do solo com adubação verde e compostos orgânicos sob níveis de N. Horticultura Brasileira. 33:019 - 026.

SUGE, J.K., OMUNYIN, M.E. y OMAMI, N.E. 2011. Effect of organic and inorganic sources of fertilizer on growth, yield and fruit quality of eggplant (*Solanum melongena* L.).Archives of Applied Science Research. 3 (6):470 - 479.

TAIZ, L. y ZEIGER, E. 2010. Plant physiology. 5th ed. Sinauer Associates Incorporated, Redwood City, CA. 623 p.

TAVARES, M., DE MELO, A. y BUENO, W. 1999. Efeito diretos e indiretos e correlações canônicas para caracteres relacionados com a produção de pimentão. Bragantia 58(1):41 - 47.

UREÑA, J., QUEZADA, E. y SALCEDO, R. 2011. Efectos del bocashi en ají "cubanela" (*Capsicum annuum* L.) en un sistema de agricultura sostenible en dos zonas de la vega, República Dominicana. p. 42-49. En: Proceedings of the Caribbean Food Crops Society. 46th Annual Meeting. Boca Chica, Dominican Republic.

WESSEL-BEAVER, L. 1992. Genetic variability of fruit set, fruit weight, and yield in a tomato population grown in two high-temperature environments. Journal of the American Society for Horticultural Science.117 (5):867 - 870.

REYES, M. 2002. Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: Re-enseñando el uso de este enfoque. La Calera. 2(2):40 - 41.

ZHANG, Q., WU, S., CHEN, CH., SHU, L., ZHU, X. y ZHU, S. 2014. Regulation of nitrogen forms on growth of eggplant under partial root-zone irrigation. Agricultural Water Management. 142 (1):56 - 65.