

## Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de chile ancho (*Capsicum annuum* L.), y sobre las características químicas del suelo de la parcela experimental

Effect Organic fertilizers in yield of pepper crop (*Capsicum annuum* L.), and characteristics of soil chemical of the experimental plot.

Fernando Ramos Gourcy<sup>1</sup>, Juan Antonio Aguilar Rubalcava<sup>1</sup>,  
Mario Alejandro López Gutiérrez<sup>1</sup>, Yisa María Ochoa Fuentes<sup>1</sup>, Otilio Vázquez Martínez<sup>1</sup>

Ramos Gourcy F., Aguilar Rubalcava J. A., López Gutiérrez M. A., Ochoa Fuentes Y. M., Vázquez Martínez O., Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de chile ancho (*Capsicum annuum* L.), y sobre las características química del suelo de la parcela experimental, *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 51, 3-9, 2011.

### RESUMEN

En 2006, la superficie plantada de chile en Aguascalientes fue de 1,104 ha y la producción fue de 10,897 t. El objetivo del estudio fue la evaluación de programas de abonado con acolchado plástico y riego por goteo en cultivo de chile ancho. El experimento se estableció en la Finca Piloto de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Se evaluaron tres tratamientos: testigo absoluto, vermicompost y estiércol de bovino. El diseño experimental fue Bloques Generalizados al Azar con dos bloques y tres repeticiones por tratamiento. Se midió el rendimiento total, longitud de raíz, volumen de agua aplicado y características químicas del suelo. Se utilizó la prueba de Tukey para la comparación de medias de tratamientos. Se observaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) para rendimiento total. El tratamiento estiércol de bovino fue el que expresó mayor rendimiento total, seguido por el testigo y el vermicompost. No hubo diferencias significativas entre tratamientos para longitud de raíz.

**Palabras clave:** Cultivo de chile, estiércol, vermicompost, acolchado plástico, riego por goteo.

**Key words:** Pepper crop, cattle manure, vermicompost, plastic mulch, drip irrigation.

Recibido: 15 de septiembre de 2010, aceptado: 10 de febrero de 2011

<sup>1</sup> Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes, [framosg@correo.uaa.mx](mailto:framosg@correo.uaa.mx)

### ABSTRACT

In 2006, the area planted with pepper in Aguascalientes was 1,104 ha with a production of 10,897 t. The objective of the study was the evaluation of fertilization programs with plastic mulch and drip irrigation in pepper crop. The experiment was established in the Pilot Farm of the Universidad Autónoma de Aguascalientes. Three treatments were evaluated: absolute control, vermicompost and cattle manure. The experimental design was a Randomized Generalized Blocks with two blocks and three replicates per treatment. Total yield, root length, volume of water applied and chemical properties of the soil were measured. Tukey test to compare treatment means was used. Statistical difference ( $P \leq 0.05$ ) for total yield was observed. Cattle manure treatment expressed higher total yield, followed by the control and vermicompost. No statistical difference between treatments for root length was observed.

### INTRODUCCIÓN

La agricultura orgánica nacional representa una superficie de 216 mil ha y genera 280 millones de dólares de divisas, revaloriza la agricultura tradicional, crea empleos (34.5 millones de jornales anuales) y mayores ingresos para los productores, bajo un esquema de producción sustentable, sin deterioro del ambiente. La horticultura orgánica es la cuarta rama en producción orgánica del país, con una superficie cultivada de 3,813 ha y una generación de divisas que representa 47 millones de dólares (Gómez Tovar *et al.*, 2000).

El cultivo de chile es la hortaliza más importante en el estado de Aguascalientes. Las estadísticas para el ciclo primavera-verano del 2006 indican una superficie de 1,104 ha, cantidad muy superior a la superficie plantada con jitomate o tomate verde. La producción de chile verde fue de 10,897 toneladas para ese ciclo (Fuente: Oficina estatal de información para el desarrollo rural sustentable).

Trueba, (2006) indica que el volumen de agua disponible en el subsuelo disminuyó gradualmente (2 m por año) por la sobreexplotación que se está haciendo de los acuíferos del Valle de Aguascalientes. La extracción media anual del acuífero alojado en el Valle de Aguascalientes es de 430 millones de  $m^3$ , y la recarga del manto acuífero es de alrededor de 225 millones de  $m^3$ , existiendo un déficit anual de 205 millones de  $m^3$ .

López, (2003) señala que las técnicas de acolchado eran conocidas desde mucho antes de la llegada de los materiales plásticos y se practicaban usando materiales orgánicos o inorgánicos. Sin embargo, la introducción de los materiales plásticos las ha revolucionado e impulsado hasta ocupar en la actualidad una superficie cercana a los cinco millones de ha en todo el mundo. Establece además que las cubiertas de acolchado aumentan la temperatura del suelo y raíces, lo que permite una germinación más fácil y rápida, evitan la erosión del suelo, reducen las necesidades hídricas, las películas opacas eliminan o reducen el crecimiento de malezas, entre otras ventajas.

En los últimos 20 años, Aguascalientes se ha caracterizado por ser una cuenca lechera a nivel nacional. En el año 2003 se tenía un registro de 71,501 cabezas de ganado productor de leche, según datos de SAGARPA (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera). Cruz Medrano, (1986) señala que el bovino de leche produce 20 kg de estiércol por día, lo que equivale a una producción de 1,430 toneladas diarias de estiércol. Las estimaciones totales del contenido de nutrientes del estiércol procedente del ganado lechero son: 23.88 t de N; 15.44 t de  $P_2O_5$ ; 8 t de  $K_2O$  y 645 t de materia orgánica (Beltrán Morales *et al.*, 2004). En consecuencia, se deben proponer alternativas sustentables para la utilización de esa fuente de nutrientes en la producción de cultivos hortícolas bajo sistemas intensivos.



Se usa el abono orgánico en el cultivo de chile ancho.

Las razones que justifican la producción de chile empleando abonos orgánicos con técnicas de acolchado y riego por goteo pueden permitir: a) ahorro de energía derivada del petróleo, b) ahorro de agua, c) disminución drástica de la contaminación del suelo, agua y atmósfera, d) mayor rentabilidad de la inversión, e) proporcionar un medio sano para el trabajador del campo, f) alimentos y otros bienes no contaminados para los consumidores, g) aumento de la demanda de productos orgánicos por parte de los consumidores. Las ventajas sobre la agricultura convencional serán evidentes a corto y sobre todo a largo plazo, este último es el que dará la seguridad alimentaria del futuro (Ruiz 1996, 1998). Con el presente proyecto, se pretende determinar la factibilidad de la producción de chile empleando fertilizantes orgánicos bajo un sistema de producción con acolchado plástico y riego por goteo. El objetivo general del proyecto fue la evaluación de programas de abonado y riego por goteo. La hipótesis que se planteó fue:

Los tratamientos del experimento tienen el mismo efecto en el rendimiento del cultivo, longitud de raíz, volumen de agua utilizado y características químicas del suelo a lo largo del ciclo de cultivo.

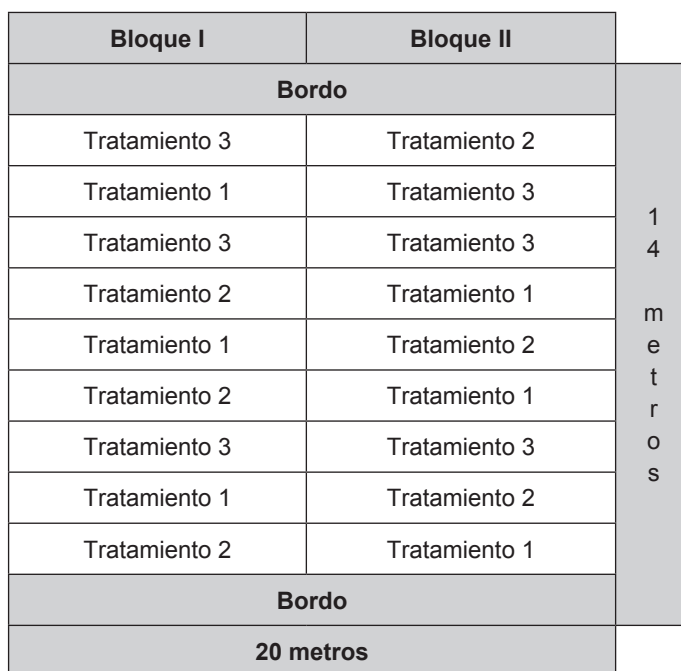
## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en la Finca Piloto de Plasticultura del Departamento de Fitotecnia, localizada en el área agrícola de la Posta Zootécnica del Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, situada a 21°58' Latitud Norte, 102°21' Longitud Oeste y a 1,831 msnm. Se evaluaron tres tratamientos que se describen a continuación:

**Tabla 1.** Descripción de los tratamientos del experimento

Número de tratamiento	Descripción	Cantidad por hectárea
1	Testigo absoluto	0.0 kg de nutrientes.
2	Fertilización vermicompost	9.3 toneladas de vermicompost (167 kg de N, 426 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 196 kg de K <sub>2</sub> O, 260 kg de CaO y 270 kg de MgO).
3	Fertilización estiércol de bovino	10 toneladas de estiércol de ganado lechero seco (167 kg de N, 108 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 56 kg de K <sub>2</sub> O).

El experimento se desarrolló utilizando un diseño experimental en Bloques Generalizados al Azar con dos bloques y tres repeticiones por tratamiento (Steel y Torrie, 1986), según la siguiente figura:



**Figura 1.** Croquis del experimento en campo.

Cada unidad experimental quedó constituida por un lomo de 1.56 m de ancho y 10 m de largo. La superficie total del experimento fue de 280 m<sup>2</sup>. Cada lomo fue acolchado con plástico plata/negro de 100 μm de espesor. El acolchado plástico venía perforado para establecer plantas cada 35 cm. Se establecieron plantas a doble hilera (30 cm de separación) para tener una densidad de plantación de 57 plantas por tratamiento, lo que equivale a 32,800 plantas ha<sup>-1</sup>. Por debajo del acolchado se colocó la cintilla *Pathfinder* calibre 6,000 con emisores cada 20 cm y un caudal de 0.57 L h<sup>-1</sup>. El riego de las parcelas se realizó según la evapotranspiración potencial estimada con en el tanque evaporímetro que se dispuso en la Finca Piloto. Se llevó además un control diario

de la humedad a través de un medidor portátil. En el ensayo se estableció el híbrido Vencedor. Las plántulas fueron obtenidas a través de la siembra de semillas en charolas de unicel de 280 cavidades. La siembra de las semillas se realizó el 5 de febrero del 2008. La planta estuvo disponible para el 4 de abril. El modelo lineal aditivo para el diseño en Bloques Generalizados al Azar está dado por:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta k + \rho j + \tau i + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y<sub>ijk</sub> = Es la observación en el k-ésimo bloque de la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento.  
μ = Media general

- $\beta_k$  = Efecto del k-ésimo bloque  
 $\rho_j$  = Efecto de la j-ésima repetición  
 $\tau_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento  
 $\varepsilon_{ijk}$  = Componente aleatorio

Las variables evaluadas a la cosecha fueron el rendimiento total (dos cortes) convertido a  $kg\ ha^{-1}$ , longitud de raíz (cm) y volumen de agua aplicado ( $m^3$ ) durante el ciclo de cultivo (medido a través de un medidor volumétrico) para todo el experimento. Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre las características químicas del suelo en la parcela, en cada unidad experimental se tomó una muestra de suelo antes de establecer los tratamientos y a la conclusión del experimento. Posteriormente se obtuvieron las diferencias (contenido final menos contenido inicial de fósforo, potasio, calcio, magnesio, fierro,

manganeso, zinc, cobre y boro) expresadas en ppm y se calculó el promedio de esas diferencias por tratamiento. Se corrieron los análisis de varianza empleando el Paquete Estadístico SAS (SAS, 1985). Se utilizó la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para la comparación de medias de tratamientos.

## RESULTADOS

### Rendimiento total ( $kg\ ha^{-1}$ ):

Se observaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos del estudio (Tabla 2). El coeficiente de determinación ( $r^2$ ) indica que el modelo matemático del diseño experimental explicó el 77% de la variación para la variable rendimiento total. El coeficiente de variación (CV) fue 10.79%, lo que muestra que los datos en campo presentaron una variación aceptable.

**Tabla 2.** Prueba de Tukey para la comparación de medias de tratamientos para la variable rendimiento total ( $kg\ ha^{-1}$ ) de frutos de chile cosechados en dos fechas de corte

Rendimiento total ( $kg\ ha^{-1}$ )	Tratamiento
18,694 a	Estiércol de bovino
16,232 ab	Testigo
15,839 b	Vermicompost

Como puede verse en el cuadro anterior, el tratamiento estiércol de bovino fue el que expresó mayor rendimiento total, seguido por el testigo.

### Longitud de raíz (cm):

No se presentaron diferencias entre los tratamientos evaluados en el experimento. El coeficiente de determinación ( $r^2$ ) para la variable longitud de raíz indica que el modelo matemático del diseño en bloques generalizados al azar explicó solamente el 71% de la variación. El coeficiente de variación (CV) fue 5.06%, lo que indica que la obtención de los datos en campo fue consistente.

### Volumen de agua aplicado ( $m^3$ ):

El volumen total de agua aplicado a los tratamientos del experimento fue de  $115\ m^3$  para una producción de  $484.6\ kg$  cosechados en las 18 unidades experimentales en una superficie de  $280\ m^2$ . El rendimiento expresado en kilogramos de producto por metro cúbico en el total del experimento fue de  $4.21\ kg/m^3$ .

En la siguiente Tabla, se muestra el rendimiento expresado en kilogramos de producto por metro cúbico de agua para los tratamientos evaluados.

**Tabla 3.** Rendimiento expresado en kilogramos de producto por metro cúbico de agua para los tratamientos evaluados

Evaluación	Testigo	Vermicompost	Estiércol de bovino
Volumen ( $m^3\ ha^{-1}$ ).	4,107	4,107	4,107
Rendimiento total ( $kg\ ha^{-1}$ ).	16,232	15,839	18,694
Rendimiento ( $kg/m^3$ ).	3.95	3.86	4.55

Como puede observarse en el cuadro anterior, el tratamiento Estiércol de bovino fue el que mostró mayor rendimiento en el uso del agua.

#### Características químicas del suelo de la parcela experimental

No se observaron diferencias entre las unidades experimentales para los parámetros pH, conductividad eléctrica ( $dS\ m^{-1}$ ), materia orgánica (%) y

contenido de nutrientes (fósforo, potasio, calcio, magnesio, fierro, manganeso zinc, cobre y boro), en el suelo ( $ppm$ ), antes de establecer los tratamientos evaluados y al finalizar el experimento.

En las siguientes Tablas se presenta un resumen sobre el efecto de los tratamientos en los contenidos de nutrientes ( $ppm$ ) y en las características químicas de las muestras de suelo de la parcela experimental.

**Tabla 4.** Promedio de las diferencias (contenido final-contenido inicial del nutriente) por tratamiento ( $ppm$ )

Tratamiento	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Fierro	Manganeso	Zinc	Cobre	Boro
Testigo	-11.90	-53.40	137.00	-5.50	-0.15	7.80	-0.50	0.45	-3.32
Vermicompost	-4.22	127.97	386.00	13.57	-0.82	10.29	-0.23	0.37	-3.70
Est. de bovino	-21.22	-52.07	171.34	-5.74	4.80	7.65	0.18	0.85	-1.78

En el suelo de las unidades experimentales correspondientes al tratamiento testigo absoluto se observó una disminución en los contenidos de fósforo, potasio, magnesio, fierro, zinc y boro, probablemente debido a que el cultivo de chile tuvo que consumir las reservas de nutrientes presentes en el suelo. El suelo de las unidades experimentales del tratamiento *vermicompost* tuvo una disminución en los contenidos de fósforo, fierro, zinc y boro; y favoreció un incremento en el contenido de potasio, calcio, magnesio, manganeso

y cobre. El suelo de las unidades experimentales del tratamiento estiércol de bovino, mostro una disminución en el contenido de los nutrientes fósforo, potasio, magnesio y boro; y un incremento en el contenido de los nutrientes calcio, fierro, manganeso, zinc y cobre. Es importante destacar que este tratamiento fue el que mostró mayor rendimiento total ( $kg\ ha^{-1}$ ), situación que pudo favorecer la disminución en el contenido de nutrientes en el suelo de las unidades experimentales que recibieron este tratamiento.

**Tabla 5.** Parámetros generales de las unidades experimentales antes de establecer los tratamientos (inicial) y al finalizar el ciclo de cultivo (final)

Tratamiento	pH	pH	C.E. ( $dS/m$ )	C.E. ( $dS/m$ )	M.O. (%)	M.O. (%)
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Testigo	9.0	8.1	1.9	1.0	1.9	1.1
Vermicompost	9.1	8.3	2.7	1.4	1.2	1.3
Est. de bovino	8.9	8.4	0.8	1.3	1.6	1.4

En las unidades experimentales que se aplicó el tratamiento testigo absoluto se observó una disminución del pH, la conductividad eléctrica y del contenido de materia orgánica. Las unidades experimentales que recibieron el tratamiento *vermicompost* mostraron una disminución del pH y la conductividad eléctrica, propiciando además un incremento en el contenido de materia orgánica.

En las unidades experimentales en que se aplicó el tratamiento estiércol de bovino se observó una disminución en el valor del pH y en el contenido de materia orgánica en el suelo, presentándose un incremento en el valor de la conductividad eléctrica. Este tratamiento fue el que mostró mayor rendimiento total ( $kg\ ha^{-1}$ ).

## DISCUSIÓN

### Rendimiento total ( $\text{kg ha}^{-1}$ ):

Se observaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos del estudio para la variable rendimiento total. Similares resultados fueron reportados por Tejeda y González, (2007) quienes evaluaron el efecto de residuos orgánicos frescos y compostados sobre los parámetros de rendimiento del cultivo de trigo, observando diferencias significativas entre los tratamientos del estudio. En contraste, Delate y colaboradores, (2003) establecieron un experimento para comparar el crecimiento y productividad de chile, bajo manejo convencional y orgánico; en sus resultados reportan que el crecimiento de la planta, rendimiento y número de frutos fueron similares en sistema convencional y orgánico.

### Longitud de raíz (cm):

No se presentaron diferencias entre los tratamientos evaluados en el experimento. En contraste a estos resultados, Opena y Porter, (1999) observaron que distintas enmiendas orgánicas (tratamientos) incrementaron significativamente la longitud de la raíz durante las estaciones de crecimiento y estos aumentos ocurrieron consistentemente a través de cada ciclo de cultivo.

### Volumen de agua aplicado ( $\text{m}^3$ ):

El rendimiento expresado en kilogramos de producto por metro cúbico en el total del experimento fue  $4.21 \text{ kg/m}^3$ . El tratamiento estiércol de bovino fue el que mostró mayor rendimiento en el uso del agua ( $4.55 \text{ kg/m}^3$ ). García Díaz *et al.*, (2005) evaluaron distintos cultivares de chile empleando un sistema de producción con macrotúnel, acolchado plástico y fertirriego con cintilla. En sus resultados reportan que la eficiencia en el uso del agua fue de  $17.0 \text{ kg/m}^3$  de agua. Mata Vázquez *et al.*, (2004) obtuvieron un rendimiento de  $17.6 \text{ kg}$  de materia verde por  $\text{m}^3$  de agua aplicada. Las diferencias en los resultados del estudio con los publicados en la literatura científica, probablemente pueden deberse a que se emplearon fertilizantes químicos, mientras que en el ensayo se evaluaron abonos orgánicos.

### Características químicas del suelo de la parcela experimental

No se observaron diferencias entre las unidades experimentales para los parámetros pH, conductividad eléctrica ( $\text{dS m}^{-1}$ ), materia orgánica (%) y contenido de nutrientes en el suelo ( $\text{ppm}$ ), antes de establecer los tratamientos evaluados y al finalizar el experimento. Resultados similares fueron publicados por Baldock y Musgrave, (1980) quienes estimaron los efectos de fertilizante mineral, de estiércol y de leguminosas sobre diversos cultivos. Sus resultados sugieren que los requerimientos de nutrientes por los cultivos se pueden suministrar totalmente a través de leguminosas y estiércol, o por fertilizante mineral, o por una cierta combinación de ellos, sin causar una disminución de la fertilidad de suelo. En contraste, Andrews *et al.*, (2002) señalan que en los sistemas de producción a gran escala y de alto valor requieren de labranza intensiva, grandes cantidades de fertilizantes, agua y pocas aplicaciones de materia orgánica. En sus resultados indican que las prácticas de manejo cambiaron significativamente un número importante de características del suelo, incluyendo el contenido de materia orgánica, nitrógeno total, biomasa microbiana, potasio, fósforo, hierro, manganeso y zinc intercambiable. Butler y Muir, (2006) señalan que debido a la alimentación del ganado lechero estabulado, se han generado cantidades excesivas de estiércol, creando la necesidad de identificar aplicaciones alternativas para esta fuente de nutrientes. En sus resultados establecen que el estiércol compostado de ganado lechero incrementó la materia orgánica de suelo 54%, la tasa de infiltración de agua 550%, el contenido de fósforo 480%, y de potasio 84%.

## CONCLUSIONES

Se puede destacar el bajo nivel de producción de los tres tratamientos del estudio. El tratamiento estiércol de bovino fue el que expresó mayor rendimiento total.

Los tratamientos evaluados no influyen en la longitud de raíz. La eficiencia en el uso del agua fue bastante baja.

Se puede concluir que los tratamientos del experimento no modifican las características químicas del suelo a lo largo del ciclo de cultivo.

LITERATURA CITADA

- ANDREWS, S. S. *et al.*, On-farm Assessment of soil quality in California's Central Valley. *Agron. J.*, 94, 12-23, 2002.
- BALDOCK, J. O. and R. B. MUSGRAVE, Manure and mineral fertilizer effects in continuous and rotational crop sequences in Central New York. *Agron. J.*, 72, 511-518, 1980.
- BELTRÁN MORALES, F. A. *et al.*, *Tópicos selectos de Agronomía*. México: CIBNOR-UABCS, 260 p., 2004.
- BUTLER, T. J. and J. P. MUIR, Dairy manure compost improves soil and increases tall wheatgrass yield. *Agron. J.*, 98, 1090-1096, 2006.
- CRUZ MEDRANO, S., *Abonos orgánicos*. México: Ed. Universidad Autónoma Chapingo, 129 p., 1986.
- DELATE, K., FRIEDRICH, H. and LAWSON, V., Organic pepper production systems using compost and cover crops. *Biol. Agric. Hortic.*, 21 (2): 131-150, 2003.
- GARCÍA DÍAZ, C.A. *et al.*, El Sistema de macrotúneles: Una opción para incrementar la producción y la eficiencia en el uso del agua en Chile género tipo húngaro. *Memorias de la Segunda Convención Mundial del Chile*, 139-142, 2005.
- GÓMEZ TOVAR, L., GÓMEZ CRUZ, M. A. y SCHWENTSIUS, R., Hortalizas orgánicas. *Revista de Riego*, 13, 8-13, 2000.
- LÓPEZ GUTIÉRREZ, M. A., Alternativas de protección de cultivos con materiales plásticos. *Investigación Docencia y Extensión Agropecuaria*, 11, 6-12, 2003.
- MATA VÁZQUEZ, H. R. *et al.*, Productividad del agua en Chile con fertirrigación, goteo y acolchado del suelo. *Memorias de la Primera Convención Mundial del Chile*, 417, 2004.
- OPENA, G. B. y G. A. PORTER, Soil management and supplemental irrigation effects on potato: ii. root growth. *Agron. J.*, 91, 426-431, 1999.
- RUIZ FIGUEROA, J. F., *Agricultura orgánica: Una opción sustentable para el agro mexicano*. México: Ed. Universidad Autónoma Chapingo, 164 p., 1996.
- RUIZ FIGUEROA, J.F., *Tópicos sobre agricultura orgánica*. México: Ed. Universidad Autónoma Chapingo, 337 p., 1998.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE INC., *SAS/STAT Guide for personal computers*. 6 ed., United State of America: SAS Institute Inc., 378 p., 1985.
- STEEL, R. G. D. y J. H. TORRIE, *Bioestadística: Principios y procedimientos*. 2 ed., México: McGraw-Hill, 620 p., 1986.
- TEJADA, M. and J. L. GONZÁLEZ, Application of different organic wastes on soil properties and wheat yield. *Agron J.*, 99, 1597-1606, 2007.
- TRUEBA, V., *Escenarios del Agua 2015 y 2025 en el Valle de Aguascalientes: acciones para un desarrollo con sostenibilidad ambiental*. México: Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS) del Acuífero Interestatal Ojocaliente-Aguascalientes-Encarnación, A.C., 32 p., 2006.