

# Biosólido porcino en el comportamiento fisiológico e incidencia de plagas en *Capsicum annuum* L.

Influence of pork biosolids on physiological performance and pest incidence in *Capsicum annuum* L.

Fátima del Rosario Yam-Herrera<sup>1</sup> , Jorge Ismael Tucuch-Haas<sup>2\*</sup> , Esaú Ruiz-Sánchez<sup>1</sup> , Cesar Jacier Tucuch-Haas<sup>3</sup> , Luis Latournerie-Moreno<sup>1</sup> , Ángel Manuel Herrera-Gorocica<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México, Campus Conkal, Avenida Tecnológico s/n, 97345, Conkal, Yucatán, México.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Mocochoá, km 25 Antigua Carretera Mérida-Motul, 97454, Mocochoá, Yucatán, México.

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México/ITS del Sur del Estado de Yucatán, Carretera Muna-Felipe Carrillo Puerto Tramo Oxkutzcab-Akil, Km 41+400, 97880, Oxkutzcab, Yucatán, México.

\*Autor para correspondencia: leamsi182@hotmail.com

**Fecha de recepción:**  
22 de agosto de 2025

**Fecha de aceptación:**  
4 de diciembre de 2025

**Disponible en línea:**  
4 de febrero de 2026

Este es un artículo en acceso abierto que se distribuye de acuerdo a los términos de la licencia Creative Commons.



**Reconocimiento-  
NoComercial-  
CompartirIgual 4.0  
Internacional  
(CC BY-NC-SA 4.0)**

## Cómo citar:

Yam-Herrera, F. del R, Tucuch-Haas, J. I., Ruiz-Sánchez, E., Tucuch-Haas, C. J., Latournerie-Moreno, Á. M., & Herrera-Gorocica, R. E. (2026). Biosólido porcino en el comportamiento fisiológico e incidencia de plagas en *Capsicum annuum* L. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 12, e0121007. https://doi.org/10.30973/aap/2026.12.012107

## RESUMEN

Los biosólidos aportan nutrientes esenciales para el desarrollo vegetal, por ello, el objetivo fue evaluar el efecto de biosólido porcino en el comportamiento fisiológico e incidencia de plagas en chile dulce, *Capsicum annuum* L. (ITCD-184). El experimento se estableció bajo un diseño de bloques al azar y los datos se analizaron mediante ANOVA y la prueba de Tukey ( $\alpha < 0.05$ ). El tratamiento con 500 g de biosólido presentó la mayor tasa de asimilación neta de carbono ( $23.91 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y el menor nivel de carbono intracelular ( $294.3 \mu\text{mol m}^{-1}$ ). La menor densidad de *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera: Aleyrodidae) se registró con 1,000 g/planta ( $5.69 \pm 0.08$  adultos/hoja), así como menor incidencia ( $28.12 \pm 7.86 \%$ ) y daño ( $0.63 \pm 0.61 \%$ ) por *Polyphagotarsonemus latus* Banks (Acari: Tarsonemidae). Aunque el biosólido porcino mejoró los parámetros fisiológicos, no se detectaron diferencias significativas en el rendimiento; sin embargo, se observaron tendencias en el peso y diámetro de los frutos.

## PALABRAS CLAVE

Abono orgánico, *Bemisia tabaci*, chile dulce, *Polyphagotarsonemus latus*.

## ABSTRACT

Biosolids provide essential nutrients for plant development; therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of swine biosolids on physiological performance and pest incidence in sweet pepper, *Capsicum annuum* L. (ITCD-184). The experiment was established under a randomized block design, and data were analyzed using ANOVA and Tukey's test ( $\alpha < 0.05$ ). The treatment with 500 g of biosolids showed the highest net carbon assimilation rate ( $23.91 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) and the lowest intercellular carbon concentration ( $294.3 \mu\text{mol m}^{-1}$ ). The lowest population density of *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera: Aleyrodidae) was recorded with 1,000 g plant<sup>-1</sup> ( $5.69 \pm 0.08$  adults leaf<sup>-1</sup>), as well as lower incidence ( $28.12 \pm 7.86 \%$ ) and damage ( $0.63 \pm 0.61 \%$ ) caused by *Polyphagotarsonemus latus* Banks (Acari: Tarsonemidae). Although swine biosolids improved physiological parameters, no statistically significant differences in yield were detected; however, trends in fruit weight and diameter were observed.

## KEYWORDS

Organic fertilizer, *Bemisia tabaci*, sweet chili, *Polyphagotarsonemus latus*.

## INTRODUCCIÓN

El uso de fertilizantes químicos ha sido un factor de discusión en la agricultura, ya que México usa anualmente  $6,902 \times 10^3$  t (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2023), de los cuales Yucatán usó 14,700 t en 2024, destinado para cultivos hortícolas (Ruíz-Sánchez et al., 2025). Aunque estos insumos aumentan el rendimiento de los cultivos, existe evidencia de efectos negativos a largo plazo, como la contaminación de los cuerpos de agua subterránea, alteración de las propiedades fisicoquímicas de suelo y alteración en las poblaciones microbianas (Seleiman et al., 2020). Además, el uso irracional de fertilizantes químicos genera el riesgo de metales pesados y patógenos resistentes en el suelo. En la actualidad, se sugiere el uso de prácticas alternativas para disminuir el uso de fertilizantes químicos sin afectar la capacidad productiva de los cultivos.

En este contexto, el uso de biosólidos en la agricultura podría mejorar la calidad del suelo mediante el aporte de una gran cantidad de nutrientes (Dad et al., 2019; Qin et al., 2022) e incluso la adición de algunos compuestos que promuevan la protección contra insectos plaga (Alyokhin et al., 2014). Dependiendo de su origen y eficacia, los biosólidos pueden tener una alta cantidad de materia orgánica y elementos fundamentales para las plantas como el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) (Caruso et al., 2019). El uso de biosólidos como abono en la agricultura es una práctica que está tomando relevancia, ya que ayuda en el mejoramiento y restauración de los suelos, por lo que ha sido aceptado en varios países del mundo, como Estados Unidos, Canadá, Australia y Alemania (Sharma et al., 2017).

Se ha demostrado que el uso de biosólidos como abonos en cultivos hortícolas mejora el vigor y productividad de los cultivos (Chow & Pan, 2020). Por ejemplo, Utria-Borges et al. (2008) señalan que la aplicación de biosólido de origen bovino produce un incremento significativo de las variables de crecimiento, número de flores y frutos, así como en el rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Yam-Herrera et al. (2023) reportan que la aplicación de biosólido pecuario en chile xcatik (*Capsicum annuum* L.) mejoró los parámetros fisiológicos y la producción de frutos. Por otro lado, Basulto (2025), reporta un incremento

del 128 % de la producción de calabaza criolla cuando se usan 1,000 g de biosólido porcino. Gianico et al. (2021) y Ali et al. (2021) demostraron que al aplicar biosólidos urbanos en tomate, se aumentó el crecimiento de las plantas, peso de fruto y de raíz. Aunque no existen reportes del efecto de los biosólidos sobre las poblaciones de plagas, es de esperarse que el uso de biosólidos modifique la calidad nutritiva de las plantas y, en consecuencia, afecte las poblaciones de plagas del follaje, debido a la alteración en la disponibilidad de nutrientes esenciales y presencia de metabolitos secundarios tóxicos (Rowen et al., 2019). Existe evidencia que el uso de estiércol de especies pecuarias puede alterar la colonización de plagas en las plantas cultivadas. Por ejemplo, el estiércol de ovinos disminuye las poblaciones de insectos plagas en la col (Eigenbrode & Pimentel, 1988), en el maíz (Rowen & Tooker, 2020) y en la papa (Alyokhin et al., 2005). Así también el estiércol de aves de corral afecta las poblaciones de insectos plaga en el brócoli (Banfield-Zanin et al., 2012) y el arroz (Hardy et al., 2023).

En México, en 2023 se produjo 3,237 t de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) (SIAP, 2023), por lo que se considera una de las hortalizas de mayor importancia económica que presenta una amplia diversidad de morfotipos (Castillo-Aguilar et al., 2021), aspecto reflejado en los diferentes tamaños, formas y colores de frutos, los cuales se diferencian también en el contenido de minerales, proteínas y compuestos antioxidantes (López Castilla et al., 2019). En este contexto, en la Península de Yucatán se cultiva ampliamente a pequeña escala el chile dulce (*C. annuum*), el cual es un chile criollo no picoso que tiene parecido a un pimiento morrón. La producción chile dulce presenta muchas limitaciones, como son las plagas de follaje que pueden demeritar la producción de frutos (Setiawati et al., 2021). Un ejemplo de estas es el caso de la mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae), la cual es una plaga polífaga que causa daños directos que van desde 30 % a 70 % de pérdidas en la producción (Segovia Catarino et al., 2015), por succión de savia y daños indirectos por transmisión de virus fitopatógenos causando amarillamiento, mosaicos y distorsión de la lámina foliar (Abubakar et al., 2022; Lu, Cheng et al., 2019). Otra plaga de interés es el ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus* Banks) (Acari: Tarsonemidae), que también es una especie

polífaga que produce efectos devastadores en el cultivo de chile dulce, tanto en invernadero como a cielo abierto (Androcioni et al., 2021). Los síntomas causados por el ácaro blanco incluyen el enrollamiento hacia abajo de las hojas, deformaciones y coloración verde intensa, así como el aborto de flores y frutos causando una infestación severa (Aguilar & Murillo, 2012). Hasta ahora, no se tienen reportes sobre el uso de biosólidos en el cultivo de chile dulce. Pero derivado de la información disponible, los biosólidos pueden mejorar la productividad de cultivos hortícolas y, a su vez, alterar la incidencia y severidad de los daños producido por plagas. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del abonado porcino en el comportamiento fisiológico y agronómico e incidencia de plagas en chile dulce bajo condiciones de invernadero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El experimento se realizó en un invernadero rústico con clima de 25-37 °C, humedad relativa de 70-90 % y fotoperiodo de 14 h luz: 10 h oscuridad, en el área de investigación hortícola del Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán, ubicado a 15 km al noreste de Mérida (21° 4' N, 89° 31' O, 10 msnm). El material genético utilizado fue chile dulce criollo (ITCD-184) de 30 días de edad, colocado a una distancia de 0.3 m, en líneas de 1.5 m de separación, en camas de 50 cm de ancho y 50 m de largo. Las plantas fueron abonadas 15 días antes del trasplante con biosólido porcino proporcionado por Operadora GPM S.A. de C.V, adquirido de lodos recuperados del tratamiento de aguas residuales con biodigestores. Se emplearon tres niveles de biosólido por planta (500 g, 750 g y 1,000 g) y un testigo (0 g de biosólido). También, se suministró fertilización con N:P:K en proporción 180:120:100 (kg/ha<sup>-1</sup>) para el ciclo de 180 días después del trasplante para todos los tratamientos. La fertilización se hizo por medio del riego (dos horas diarias), manejando un sistema por goteo (cintilla) de 5/4 calibre 6,000 con un gasto de 1.5 litros por hora y con separación de 0.3 m entre gotero. Las características del suelo antes de la aplicación de los fertilizantes fueron las siguientes: pH de 7.61 y 17.76 % de materia orgánica; su contenido de N:P:K, fue de 68.4 ppm, 228 ppm y 810 ppm; Na, Ca y Mg 1,560 ppm,

6,000 ppm y 900 ppm, respectivamente. La caracterización físico-química del biosólido se realizó en el Laboratorio Fertilab (Celaya, Guanajuato, México) donde se especifica las características físicas (pH: 7.20, conductividad eléctrica (CE): 4.70 dSm, materia orgánica: 64.6 %), macronutrientes (nitrógeno (N): 3.05 %, fósforo (P): 2.32 %, potasio (K): 0.26 %), micronutrientes (Calcio (Ca): 8.87 %, Magnesio (Mg): 0.96 %, Sodio (Na): 0.27 %, Azufre (S): 1.21 %, Hierro (Fe): 6,665 ppm, Cobre (Cu): 524 ppm, Manganeseo (Mn): 511 ppm, Zinc (Zn): 3,606 ppm, Boro (B): 26.4 ppm) y metales pesados (Níquel (Ni): 13.032 ppm, Cobalto (Co): NA, Arsénico (As): NA, Bario (Ba): NA, Cromo (Cr): NA, Cadmio (Cd): NA, Aluminio (Al): NA).

### Evaluación de las variables fisiológicas

La evaluación de la tasa de asimilación neta ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) y el carbono intercelular ( $\mu\text{mol m}^{-1}$ ) se realizó a los 60 días después del trasplante, entre las 8:00 h a las 10:00 h. Se eligieron tres plantas por parcela, a las cuales se les hicieron cinco mediciones en hojas nuevas completamente extendidas como lo describe Garruña-Hernández et al. (2014). Las mediciones se analizaron con un medidor de gases en infrarrojo (LI6400 xt, LI-COR®, Lincoln, Estados Unidos).

### Variables agronómicas

Se calculó el rendimiento total (kg/planta), el número de frutos por planta, el peso de un fruto (g) y el diámetro polar y ecuatorial de los frutos (cm). Para ello, se escogieron y marcaron tres plantas de cada parcela, de tal manera que se tomaran las mismas plantas durante el experimento. Para las variables relacionadas con el rendimiento de fruto, se realizaron cinco cortes de frutos en función de madurez comercial. En cada corte se contabilizó el número de frutos por planta y se obtuvo su peso total (rendimiento total), además se tomaron muestras de 10 frutos al azar para obtener el promedio del peso de un fruto, el diámetro polar y el diámetro ecuatorial.

### Evaluación de densidad poblacional de *Bemisia tabaci*

Para la densidad poblacional de *B. tabaci* se eligieron ocho plantas por parcela, y la toma de datos se realizó

cada 15 días por tres meses. La primera evaluación se realizó a los 103 días después del trasplante, ya que las plagas no se presentaron en las primeras etapas de crecimiento de las plantas. Para el conteo de adultos, se seleccionaron tres hojas del estrato medio y superior de las plantas seleccionadas. Contando a simple vista el número de moscas en el lado abaxial de cada hoja. Al final del muestreo, se calculó la media global de todas las evaluaciones de las mosquitas adultas (Herrera-Gorocica et al., 2022).

### Evaluación de incidencia y severidad de *Polyphagotarsonemus latus*

Las mediciones se hicieron en el follaje, flores y frutos a intervalos de 15 días, haciendo un total de cinco muestreos durante el ciclo del cultivo. Para la incidencia se contó el número total de plantas con síntomas de toda la parcela. El porcentaje de plantas con síntomas se obtuvo con la siguiente fórmula: incidencia = (número de plantas con síntomas)  $\times$  100/total de plantas observadas. La severidad del daño se determinó en ocho plantas elegidas al azar en la parcela, mediante la utilización de una escala categórica de cuatro niveles, como lo recomienda Jiménez-Martínez et al. (2013): nivel 0, sin síntomas; nivel 1, débil encrespado hacia arriba en la lámina foliar de hojas y brotes nuevos; nivel 2, ondulación en hojas nuevas y viejas; nivel 3, encrespado hacia arriba y deformación en la nervadura central en forma de zigzag; nivel 4, hojas severamente dañadas, caída de estas y pérdida de frutos, pequeñez en las plantas. Al final del muestreo se calculó la media global de todas las evaluaciones.

### Diseño experimental y análisis de datos

Se manejó un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Cada parcela contenía 30 plantas, de las cuales 14 del área central fueron las consideradas dentro la parcela útil. Los datos de las variables fisiológicas (An y Ci), variables de densidad poblacional de *B. tabaci*, variables de incidencia y severidad y rendimiento de fruto, fueron analizados por medio de ANOVA y Tukey ( $\alpha < 0.05$ ). La normalidad y homogeneidad de las varianzas se comprobó con las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene respectivamente, antes del ANOVA. La variable de severidad final se

analizó mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, con prueba *post hoc* de Dunn. Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico InfoStat versión 2020 (Di Rienzo et al., 2020).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Variables fisiológicas

Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para la variable carbono intercelular (Ci), pero no para tasa de asimilación neta (An). Para An solo se observó una tendencia de mayor valor en las plantas tratadas con 500 g de biosólido ( $23.91 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ( $gl = 3$ ;  $F = 5.63$ ;  $p = 0.0010$ ). Asimismo, el tratamiento de 500 g de incorporación de biosólido presentó estadísticamente menores niveles de Ci ( $294.3 \mu\text{mol m}^{-1}$ ) al igual que en el control ( $gl = 3$ ;  $F = 27.30$ ;  $p = 0.0001$ ) (Figura 1).

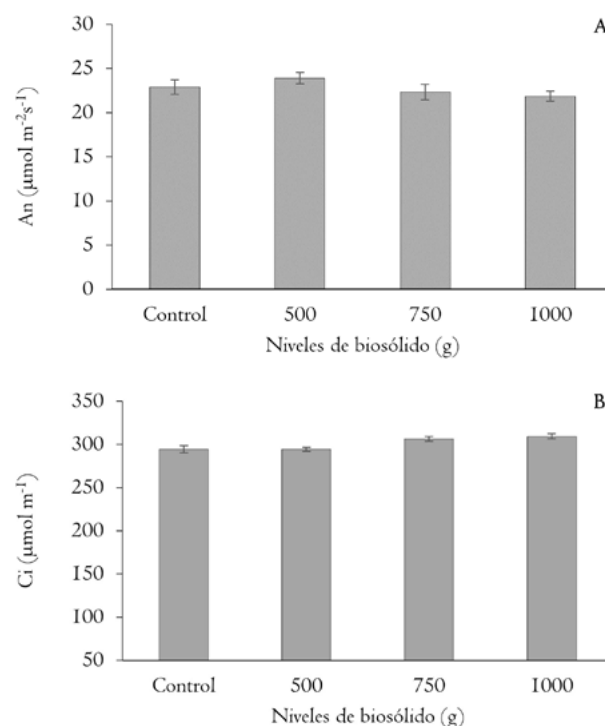


Figura 1. (A) Tasa de asimilación neta (An) y (B) Carbono intercelular (Ci) en el cultivo de chile dulce abonado con diferentes niveles de biosólido. Medias ( $\pm$  EE,  $n = 60$ ) con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ; Tukey).

La aplicación de abonos orgánicos (composta, bocashi, biosólidos y otros materiales) a las plantas durante la etapa de crecimiento promueve el aumento en vigor o en estado fisiológico. Por ejemplo, Mohamed et al. (2018) encontraron que la aplicación de biosólidos (aguas residuales) en plantas de girasol (*Helianthus*

*annuus* L.) aumentó la An (Belhaj et al., 2016; Kumar & Chopra, 2014). Sin embargo, el nivel más alto de biosólido evaluado en este estudio (1,000 g/planta) no tuvo efecto en los parámetros fisiológicos, lo cual posiblemente se debió a un aumento de elementos minerales en el suelo, lo que pudo derivar en la disminución de la absorción de nutrientes y, por consiguiente, el uso de biosólido en sus mayores concentraciones (750 g y 1,000 g/planta) no tuvo efecto en An ni en Ci. También se ha reportado que emplear abono orgánico de origen porcino en exceso (más del 20 %), podría aumentar la acidez del suelo y causar efectos fisicoquímicos perjudiciales, además de afectar negativamente la fisiología y el crecimiento de las plantas (Chang et al., 2021; Wilber & Williamson, 2008); así como elevar el potencial hídrico del agua del suelo, lo que conduce a la pérdida de agua de la planta. Se ha documentado que los biosólidos puede afectar la densidad aparente y la estabilidad de los agregados de suelo, lo que lleva a una alteración en la absorción de los elementos minerales por las raíces de las plantas cultivadas (Jin et al., 2015).

### Rendimiento y respuesta agronómica del chile dulce

En el análisis de los parámetros del rendimiento se observó que no hubo diferencias significativas entre las plantas tratadas y el control (Cuadro 1). El rendimiento total fue similar en todos los tratamientos con valores de  $1.55 \pm 49.8$  kg a  $1.16 \pm 139.4$  kg ( $gl = 3$ ;  $F = 1.74$ ;  $p = 0.17$ ). El número de frutos por planta fue similar entre tratamientos con valores de  $41.8 \pm 4.8$  a  $53.7 \pm 5$  ( $gl = 2$ ;  $F = 2.23$ ;  $p = 0.09$ ). Con respecto al peso del fruto, se observaron diferencias significativas entre tratamientos ( $gl = 3$ ;  $F = 10.55$ ;  $p = 0.00$ ), siendo los tratamientos de 750 g y 1,000 g de biosólido los que tuvieron mayor peso ( $34.7 \pm 0.8$  g/fruto y  $30.5 \pm 1.7$  g/fruto, respectivamente). El diámetro polar y ecuatorial fueron similares entre tra-

tamientos. Se observó que, en el tratamiento de 750 g de biosólido, las plantas tuvieron un aumento de peso, número y diámetro (polar y ecuatorial) de los frutos.

Con estos resultados se infiere que el biosólido porcino en niveles intermedios podría inducir la formación de frutos de primera, pero sin modificar el rendimiento final de las plantas. A diferencia de lo observado en el presente trabajo, en literatura se reporta que la adición de biosólido contribuye al aumento en el rendimiento de varias especies de hortalizas, como el tomate y calabaza (*Cucurbita maxima* Duchesne) (Ozores-Hampton y Méndez, 2010). Incluso, a nivel de producción de plántulas, el efecto de la adición de biosólido también puede notarse a través del aumento del crecimiento (Chang et al., 2021). El efecto del biosólido sobre el crecimiento, rendimiento y fisiología de las plantas sugiere que es debido al aporte de materia orgánica y nutrientes (nitrógeno y fósforo) disponibles que, al ser absorbidos por las plantas, favorecen procesos bioquímicos-fisiológicos claves que traen como resultado el incremento de síntesis y uso de fotoasimilados (Lu, He et al., 2012; Stavridou et al., 2021).

### Evaluación de densidad poblacional de *Bemisia tabaci* y daño por *Polyphagotarsonemus latus*

Para la densidad poblacional de adultos de *B. tabaci* se hallaron diferencias significativas, siendo el tratamiento de 1,000 g de biosólido donde se observó menor densidad poblacional ( $5.69 \pm 0.08$  adultos/hoja;  $gl = 3$ ;  $F = 12.89$ ;  $p = 0.0001$ ) comparado con el resto de los tratamientos. Asimismo, el mismo tratamiento registró diferencias significativas en la incidencia y severidad final de *P. latus* comparado con el control (Cuadro 2). En general, se observó que el grado de daño fue de 0.63 a 1.69, lo que se representa como un débil encrespado hacia arriba en la lámina foliar de hojas y brotes nuevos.

**Cuadro 1. Efecto del biosólido en el rendimiento total, número de frutos por planta, peso de un fruto, longitud y diámetro en plantas de chile dulce.**

| NB (g)  | R (kg/planta)     | F/P              | PF (g)              | DP (cm)          | DE (cm)          |
|---------|-------------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|
| Control | $1.55 \pm 0.05^a$ | $52 \pm 1.9^a$   | $27.2 \pm 1.1^a$    | $13.6 \pm 0.2^a$ | $13.2 \pm 0.4^a$ |
| 500     | $1.49 \pm 0.19^a$ | $53.7 \pm 5^a$   | $26.6 \pm 0.6^a$    | $14.0 \pm 0.2^a$ | $13.4 \pm 0.5^a$ |
| 750     | $1.52 \pm 0.14^a$ | $41.8 \pm 4.8^a$ | $34.7 \pm 0.8^b$    | $13.5 \pm 0.3^a$ | $16.5 \pm 0.3^a$ |
| 1,000   | $1.16 \pm 0.14^a$ | $44.2 \pm 2.9^a$ | $30.5 \pm 1.7^{ab}$ | $13.5 \pm 0.2^a$ | $10.0 \pm 3.3^a$ |

NB = niveles de biosólido (g), R = rendimiento total (kg/planta), F/P = frutos por planta, PF = peso de un fruto (g), DP = diámetro polar (cm), DE = diámetro ecuatorial (cm). Medias  $\pm$  EE (n = 60) con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ; Tukey).



**Cuadro 2. Densidad poblacional de adultos de *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) por hoja e incidencia y severidad final de los síntomas asociados a la presencia de *Polyphagotarsonemus latus* (Acari: Tarsonemidae) en plantas de chile dulce abonadas con diferentes niveles de biosólido.**

| NB (g)  | DB/H                     | IF-PL                      | SF-PL                    |
|---------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Control | 6.33 ± 0.09 <sup>b</sup> | 53.12 ± 5.98 <sup>ab</sup> | 1.69 ± 0.31 <sup>a</sup> |
| 500     | 6.11 ± 0.1 <sup>b</sup>  | 40.62 ± 5.98 <sup>ab</sup> | 0.94 ± 0.45 <sup>a</sup> |
| 750     | 6.31 ± 0.07 <sup>b</sup> | 62.5 ± 5.1 <sup>b</sup>    | 0.91 ± 0.47 <sup>a</sup> |
| 1,000   | 5.69 ± 0.08 <sup>a</sup> | 28.12 ± 7.86 <sup>a</sup>  | 0.63 ± 0.61 <sup>a</sup> |

NB = niveles de biosólido (g), DB/H = densidad de *B. tabaci* por hoja, IF-PL = incidencia final de *P. latus*, SF-PL = severidad final de *P. latus*. Medias ± EE (n = 60) con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ; Tukey).

Es notable que el uso de biosólidos en la agricultura no solo podría afectar el vigor y rendimiento de las plantas, sino también la presencia de plagas debido a la estimulación de las defensas vegetales. Por ejemplo, Ruíz-Sánchez et al. (2025) encontraron que la aplicación de abonos orgánicos redujo los daños por plagas debido al efecto estimulador de defensa vegetal. Ravi et al. (2006) registraron reducción en la incidencia de plagas en parcelas tratadas con abonos orgánicos, y argumentaron que pudo deberse al aumento de fenoles totales de las plantas, como lo registró también López-Morales et al. (2022), quienes mencionan que, al aplicar abono orgánico (estiércol), se aumenta el ácido fenólico en las hojas de las plantas tratadas. Se ha documentado en varios estudios que los compuestos fenólicos son tóxicos para los insectos fitófagos. Se podría inferir que, en el presente estudio, la aplicación de abono orgánico en niveles más altos pudo haber causado síntesis de compuestos, como los fenólicos, que no solo pudieron tener efectos letales sino también de repelencia y, en consecuencia, bajar la densidad poblacional de las plagas en el follaje de *C. annuum*. Los mecanismos para disminuir el ataque por plagas pueden deberse a la disponibilidad de nutrientes minerales para la planta (Patriquin et al. 1995), además de mejorar el metabolismo de los compuestos secundarios, reduciendo el daño por plagas (Ruíz-Sánchez et al., 2025). Es importante mencionar que, mientras en las variables fisiológicas el uso de biosólido en nivel de 500 g/planta resultó en una tendencia de mejora del estatus fisiológico de la planta, para el caso de las variables de protección contra las plagas evaluadas en este estudio, se observó que el nivel de biosólido de 1,000 g/planta proporcionó disminución en la densidad de *B. tabaci* y en la incidencia de *P. latus*. Por lo tanto, la aplicación de biosólido porcino en diferentes proporciones (500 g, 750 g y 1,000 g/planta) en chile dulce, influyó en las

variables de intercambio de gases analizadas, además de influir en la incidencia y severidad de plagas. Sin embargo, el efecto positivo de los biosólidos no se tradujo en un incremento en el rendimiento de frutos, lo anterior debido a que pudo haber otras limitantes (manejo del cultivo y características del material genético vegetal) que influyeron para que las plantas de *C. annuum* no manifestaran su potencial agronómico, aunque hayan sido tratadas con biosólido porcino.

## CONCLUSIONES

La concentración de biosólido porcino de 500 g/planta produjo un aumento significativo en los valores en la tasa de asimilación neta y baja de los valores de carbono intercelular en el cultivo de chile dulce. La aplicación de biosólido a nivel de 1,000 g/planta causó una disminución de la densidad poblacional de adultos de *Bemisia tabaci* y redujo la incidencia de *Polyphagotarsonemus latus* en las plantas de chile dulce. Además, el tamaño de fruto tendió al incremento con la aplicación de biosólido en niveles de 500 g/planta y 750 g/planta, con lo cual se evidencia el efecto benéfico que genera el uso del biosólido en la agricultura; sin embargo, los rendimientos no se modificaron significativamente, y es de suma importancia corroborar el comportamiento a cielo abierto.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, tecnología e Innovación por la beca de maestría otorgada. Al Instituto Tecnológico, campus Conkal, por el apoyo para esta investigación.

## LITERATURA CITADA

- Abubakar, M., Koul, B., Chandrashekar, K., Raut, A., & Yadav, D. (2022). Whitefly (*Bemisia tabaci*) management (WFM) strategies for sustainable agriculture: A review. *Agriculture*, 12(9), 1317. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091317>
- Aguilar, H., & Murillo, P. (2012). Nuevos hospederos y registros de ácaros fitófagos para Costa Rica: período 2008-2012. *Agroonomía Costarricense*, 36(2), 11-28.
- Ali, M., Ahmed, T., Abu-Dieyeh, M., & Al-Ghouti, M. A. (2021). Investigating the quality and efficiency of bio-solid produced in Qatar as a fertilizer in tomato production. *Agronomy*, 11(12), 2552. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122552>
- Alyokhin, A., Mota-Sanchez, D., Baker, M., Snyder, W. E., Menasha, S., Whalon, M., Dively, G., & Moarsi W. F. (2014). The Red Queen in a potato field: integrated pest management versus chemical dependency in Colorado potato beetle control. *Pest Management Science*, 71(3), 343-356. <https://doi.org/10.1002/ps.3826>
- Alyokhin, A., Porter, G., Groden, E., & Drummond, F. (2005). Colorado potato beetle response to soil amendments: A case in support of the mineral balance hypothesis? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 109(3-4), 234-244. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.03.005>
- Androcioni, H. G., Hoshino, A. T., Ventura, M. U., Hata, F. T., Brugnerotto, M. dos R., Constantino, L. V., & Marques, F. de A. (2021). Resistance of common bean genotypes to the broad mite, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks, 1904) (Acari: Tarsonemidae): Offspring development and biochemical basis. *Insects*, 12(10), 910. <https://doi.org/10.3390/insects12100910>
- Banfield-Zanin, J. A., Rossiter, J. T., Wright, D. J., Leather, S. R., & Staley, J. T. (2012). Predator mortality depends on whether its prey feeds on organic or conventionally fertilised plants. *Biological Control*, 63(1), 56-61. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.05.008>
- Basulto, F. S. (2025). Trabajo exploratorio de dosis de biosólido proveniente de excretas de cerdo como fertilizante para calabaza criolla de Yucatán, México. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 8(2), e79201. <https://doi.org/10.34188/bjaerv8n2-023>
- Belhaj, D., Elloumi, N., Jerbi, B., Zouari, M., Abdallah, F. B., Ayadi, H., & Kallel, M. (2016). Effects of sewage sludge fertilizer on heavy metal accumulation and consequent responses of sunflower (*Helianthus annuus*). *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 20168-20177. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7193-0>
- Caruso, G., Stoleru, V. V., Munteanu, N. C., Sellitto, V. M., Teliban, G. C., Burducea, M., Tenu, I., Morano, G., & Butnariu, M. (2019). Quality performances of sweet pepper under farming management. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(2), 458-464. <https://doi.org/10.15835/nbha47111351>
- Castillo-Aguilar, C. C., López Castilla, L. C., Pacheco, N., Cuevas-Bernardino, J. C., Garruña, R., & Andueza-Noh, R. H. (2021). Phenotypic diversity and capsaicinoid content of chilli pepper landraces (*Capsicum spp.*) from the Yucatan Peninsula. *Plant Genetic Resources*, 19(2), 159-166. <https://doi.org/10.1017/S1479262121000204>
- Chang, R., Guo, Q., Pandey, P., Li, Y., Chen, Q., & Sun, Y. (2021). Pretreatment by composting increased the utilization proportion of pig manure biogas digestate and improved the seedling substrate quality. *Waste Management*, 129, 47-53. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.05.010>
- Chow, H. Y., & Pan, M. (2020). Fertilization value of biosolids on nutrient accumulation and environmental risks to agricultural plants. *Water, Air, & Soil Pollution*, 231(12), 578. <https://doi.org/10.1007/s11270-020-04946-8>
- Dad, K., Wahid, A., Khan, A. A., Anwar, A., Ali, M., Sarwar, N., Ali, A., Ahmad, A., Ahmad, M., Khan, K. A., Ansari, M. J., Gulshan, A. B., & Mohammed, A. A. (2019). Nutritional status of different biosolids and their impact on various growth parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(7), 1423-1428. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.09.001>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2020). *InfoStat, versión 2018*. Universidad Nacional de Córdoba.
- Eigenbrode, S. D., & Pimentel, D. (1988). Effects of manure and chemical fertilizers on insect pest populations on collards. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 20(2), 109-125. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(88\)90151-X](https://doi.org/10.1016/0167-8809(88)90151-X)
- Garruña-Hernández, R., Orellana, R., Larque-Saavedra, A., & Canto, A. (2014). Understanding the physiological responses of a tropical crop (*Capsicum chinense* Jacq.) at high temperature. *PLoS One*, 9(11), e111402. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111402>
- Gianico, A., Braguglia, C. M., Gallipoli, A., Montecchio, D., & Mininni, G. (2021). Land application of biosolids in Europe: possibilities, constraints and future

- perspectives. *Water*, 13(1), 103. <https://doi.org/10.3390/w13010103>
- Hardy, H., Harte, S. J., Hopkins, R. J., Mnyone, L., & Hawkes, F. M. (2023). The influence of manure-based organic fertilisers on the oviposition behaviour of *Anopheles arabiensis*. *Acta Tropica*, 244, 106954. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2023.106954>
- Herrera-Gorocica, A. M., Ruiz-Sánchez, E., Ballina-Gómez, H. S., Reyes-Solís, G., & Sánchez-Lázaro, A. (2022). Response of *Bemisia tabaci* Genn to the association tomato-aromatic plant. *Agrociencia*, 56(4), 830-853. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v56i4.2809>
- Jiménez-Martínez, E., Martínez Izaguirre, R., & Jirón Cantillo, M. (2013). Plaguicidas botánicos y químicos para el control del ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus* Bank) (Acarina: Tarsonemidae) en chiltoma (*Capsicum annuum* L.), Tisma, Masaya. *La Calera*, 13(20), 9-15. <https://doi.org/10.5377/calera.v13i20.1619>
- Jin, V. L., Potter, K. N., Johnson, M.-V. V., Harmel, R. D., & Arnold, J. G. (2015). Surface-applied biosolids enhance soil organic carbon and nitrogen stocks but have contrasting effects on soil physical quality. *Applied and Environmental Soil Science*, 2015, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2015/715916>
- Kumar, V., & Chopra, A. K. (2014). Accumulation and translocation of metals in soil and different parts of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) amended with sewage sludge. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 92, 103-108. <https://doi.org/10.1007/s00128-013-1142-0>
- López Castilla, L. del C., Garruña Hernández, R., Castillo Aguilar, C. de la C., Martínez-Hernández, A., Ortiz-García, M. M., & Andueza-Noh, R. H. (2019). Structure and genetic diversity of nine important landraces of *Capsicum* species cultivated in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Agronomy*, 9(7), 376. <https://doi.org/10.3390/agronomy9070376>
- López-Morales, M. L., Leos-Escobedo, L., Alfaro-Hernández, L., & Morales-Morales, A. E. (2022). Impacto de abonos orgánicos asociados con micorrizas sobre rendimiento y calidad nutraceutica del pepino. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(5), 785-798. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i5.2868>
- Lu, Q., He, Z. L., & Stoffella, P. J. (2012). Land application of biosolids in the USA: A review. *Applied and Environmental Soil Science*, 2012, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2012/201462>
- Lu, S., Chen, M., Li, J., Shi, Y., Gu, Q., & Yan, F. (2019). Changes in *Bemisia tabaci* feeding behaviors caused directly and indirectly by cucurbit chlorotic yellows virus. *Virology Journal*, 16, 106. <https://doi.org/10.1186/s12985-019-1215-8>
- Mohamed, B., Mounia, K., Aziz, A., Ahmed, H., Rachid, B., & Lotfi, A. (2018). Sewage sludge used as organic manure in Moroccan sunflower culture: Effects on certain soil properties, growth and yield components. *Science of the Total Environment*, 627, 681-688. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.258>
- Ozores-Hampton, M., & Méndez, J. (2010). *Uso de biosólidos en producción de hortalizas*. University of Florida.
- Patriquin, D. G., Barnes, D., & Abboud, A. (1995). Diseases, pests and soil fertility. En H. F. Cook, & H. C. Lee (Eds.), *Soil Management in Sustainable Agriculture* (pp. 161-174). Wye College Press.
- Qin, X., Zhai, L., Khoshnevisan, B., Pan, J., & Liu, H. (2022). Restriction of biosolids returning to land: Fate of antibiotic resistance genes in soils after long-term biosolids application. *Environmental Pollution*, 301, 119029. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119029>
- Ravi, M., Dhandapani, N., Sathiah, N., & Murugan, M. (2006). Influence of organic manures and fertilizers on the incidence of sucking pests of sunflower, *Helianthus annuus* L. *Annals of Plant Protection Sciences*, 14(1), 41-44.
- Rowen, E., & Tooker, J. F. (2020). Fertilizing corn with manure decreases caterpillar performance but increases slug damage. *Environmental Entomology*, 49(1), 141-150. <https://doi.org/10.1093/ee/nvz145>
- Rowen, E., Tooker, J. F., & Blubaugh, C. K. (2019). Managing fertility with animal waste to promote arthropod pest suppression. *Biological Control*, 134, 130-140. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.04.012>
- Ruiz-Sánchez, E., Ruiz-Jiménez, A. L., Latournerie-Moreno, L., & Fils Pierre, J. (2025). Insecticidas químicos y bioracionales utilizados por pequeños productores de hortalizas de Yucatán. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 29, 130-143. <https://doi.org/10.53897/RevAIA.25.29.48>
- Segovia Catarino, P., Bocanegra García, J., Carrillo Rodríguez, J. C., Chávez Servía, J. L., Silos Espino, H., Aguilar Ojeda, L., & Tafoya-Rangel, F. (2015). Efecto de extractos vegetales en mosquita blanca bajo dos esquemas de aplicación. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 2(1), 1-7.
- Seleiman, M. F., Almutairi, K. F., Alotaibi, M., Shami, A., Alhammad, B. A., & Battaglia, M. L. (2020). Nano-



- fertilization as an emerging fertilization technique: why can modern agriculture benefit from its use? *Plants*, 10(1), 2. <https://doi.org/10.3390/plants10010002>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2023). *Anuario estadístico de la producción agrícola*. [https://nube.agricultura.gob.mx/cierre\\_agricola/](https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/)
- Setiawati, W., Hasyim, A., & Udiarto, B. K. (2021). Manipulation of chili plant architecture to enhance productivity and pests control. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 752(1), 012059. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/752/1/012059>
- Sharma, B., Sarkar, A., Singh, P., & Singh, R. P. (2017). Agricultural utilization of biosolids: A review on potential effects on soil and plant grown. *Waste Management*, 64, 117-132. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.03.002>
- Stavridou, E., Giannakis, I., Karamichali, I., Kamou, N. N., Lagiotis, G., Madesis, P., Emmanouli, C., Kungolos, A., Nianiou-Obeidat, I. & Lagopodi, A. L. (2021). Biosolid-amended soil enhances defense responses in tomato based on metagenomic profile and expression of pathogenesis-related genes. *Plants*, 10(12), 2789. <https://doi.org/10.3390/plants10122789>
- Utria-Borges, E., Cabrera-Rodríguez, J. A., Reynaldo-Escobar, I. M., Morales-Guevara, D., Fernández, A. M., & Toledo-Toledo, E. (2008). Utilización agraria de los biosólidos y su influencia en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 14(1), 33-39.
- Wilber, W. L., & Williamson, J. G. (2008). Effects of fertilizer rate on growth and fruiting of containerized southern highbush blueberry. *HortScience*, 43(1), 143-145. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.1.143>
- Yam-Herrera, F. del R., Ruiz-Sánchez, E., López-Vázquez, S., Díaz-Mayo, J., Tucuch-Haas, J. I., Latournerie-Moreno, L., & Herrera-Gorocica, A. M. (2023). Efecto del abonado con biosólido en el comportamiento fisiológico e incidencia de plagas en el cultivo de chile x'catik (*Capsicum annuum* L.). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 27(1), 009. <http://doi.org/10.56369/tsaes.4749>