



## Alternativas para el manejo fitosanitario del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en la zona de San Luis Talpa, Departamento de La Paz

Alternatives for the phytosanitary management of the cucumber crop  
(*Cucumis sativus* L.) in the area of San Luis Talpa, Department of La Paz

Alas-Henríquez, F.R.<sup>1</sup>, Deras-Rodríguez, N.D.<sup>2</sup>, Paniagua-Cienfuegos, M.R.<sup>3</sup>, Gómez-Orellana, R.E.<sup>4</sup>

### Resumen

La investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, en el periodo de marzo a septiembre de 2017. Se estableció un diseño de parcelas divididas con arreglo factorial de 3x4, haciendo un total de 12 tratamientos con tres repeticiones cada uno. Se utilizaron combinaciones entre dos enmiendas orgánicas (lombriabono y bokashi), un fertilizante químico y cuatro tipos de insecticidas (botánico, químico, M5 y microbiológico). Se realizaron muestreos semanales (planta completa y trampas amarillas), las variables a medir fueron: la incidencia de insectos

plaga y enemigos naturales en los programas fitosanitarios, con los diferentes tipos de fertilización y con la interacción entre programas fitosanitarios y tipos de fertilización. Las plantas tratadas con el programa fitosanitario químico (Imidacloprid, Spinetoram) fueron las que presentaron la menor proporción de órganos con insectos fitófagos. Los fertilizantes que tuvieron efecto sobre la proporción de insectos fitófagos fueron: lombriabono (*Frankliniella occidentalis* en brotes) ( $X^2$  gl (2) = 7.919,  $P = 0.0190$ ), bokashi (*Frankliniella occidentalis* en brotes > 5) ( $X^2$  gl (2) = 48.227,  $P = 3.371e-11$ ) químico (*Diaphania hyalinata* en flores) ( $X^2$  gl (2) = 14.34,  $P = 0.00076$ ) y lombriabono (*Diaphania hyalinata* en brotes) ( $X^2$  gl (2) = 13.86,  $P = 0.0009$ ). Las interacciones

1 Tesista, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. falash.92@gmail.com  
2 Tesista, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. nelderas90@gmail.com  
3 Asesor, DISAGRO. mrpaniagua@gmail.com  
4 Asesor, Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

que tuvieron efecto sobre la proporción de insectos fitófagos fueron: enmienda lombriabono + insecticida químico (áfidos en follaje) ( $X^2$  gl (8) = 44.15,  $P = 5.327e-07$ ), enmienda lombriabono + insecticida químico (*Polymerus* sp. en follaje) ( $X^2$  gl (8) = 15.543,  $P=0.04941$ ), fertilizante químico + insecticida químico (*Frankliniella occidentalis* en brotes) ( $X^2$  gl (6) = 13.982,  $P = 0.0298$ ) y fertilizante químico + insecticida químico (*Frankliniella occidentalis* en follaje > 5) ( $X^2$  gl (8) = 52.45,  $P = 1.376e-08$ ). El uso del programa fitosanitario químico (Imidacloprid, Spinetoram) fue el que presentó la menor proporción de órganos con insectos fitófagos en la plantación, lo que evidencia su efectividad en aplicaciones oportunas, con base a los muestreos previos semanales.

**Palabras claves:** *Diaphania hyalinata*, *Diaphania nitidalis*, *Frankliniella occidentalis*, *Orius* sp., *Polymerus* sp., *Cucumis sativus* L.

### Abstract

The research was carried out in the Experimental and Practical Station of the Faculty of Agronomic Sciences, located in the canton of Tecualuya, municipality of San Luis Talpa, department of La Paz, from March to September 2017. A design was established of divided plots with factorial arrangement of 3x4, making a total of 12 treatments with three repetitions, these consisted of combinations between two organic amendments (earthworm humus and bokashi) and a chemical fertilizer and four types of insecticides (botanical, chemical, M5 and microbiological). Two weekly samplings were carried out (complete plant and yellow traps) where the variables to be measured were the incidence of

insect pests and natural enemies in the phytosanitary programs, with the different types of fertilization and with the interaction between phytosanitary programs and types of fertilization. The plants treated with the chemical phytosanitary program (Imidacloprid, Spinetoram) had the lowest proportion of organs with phytophagous insects. The fertilizers that had an effect on the proportion of phytophagous insects were: earthworm humus (*Frankliniella occidentalis* in shoots) ( $X^2$  gl (2) = 7.919,  $P = 0.0190$ ), bokashi (*Frankliniella occidentalis* in shoots > 5) ( $X^2$  gl (2) = 48.227,  $P = 3.371e-11$ ) chemical (*Diaphania hyalinata* in flowers) ( $X^2$  gl (2) = 14.34,  $P = 0.00076$ ) and earthworm humus (*Diaphania hyalinata* in shoots) ( $X^2$  gl (2) = 13.86,  $P = 0.0009$ ). The interactions that had an effect on the proportion of phytophagous insects were: amendment earthworm humus + chemical insecticide (Aphids in foliage) ( $x^2$  gl (8) = 44.15,  $P = 5.327e-07$ ), amendment earthworm humus + chemical insecticide (*Polymerus* sp. in foliage) ( $X^2$  gl (8) = 15.543,  $P = 0.04941$ ), chemical fertilizer + chemical insecticide (*Frankliniella occidentalis* in shoots) ( $X^2$  gl (6) = 13.982,  $P = 0.0298$ ) and chemical fertilizer + chemical insecticide (*Frankliniella occidentalis* in foliage > 5) ( $X^2$  gl (8) = 52.45,  $P = 1.376e-08$ ). The use of the chemical phytosanitary program (Imidacloprid, Spinetoram) was the one that presented the lowest proportion of organs with phytophagous insects in the plantation, which shows its effectiveness in timely applications, based on the previous weekly samples.

**Keywords:** *Diaphania hyalinata*, *Diaphania nitidalis*, *Frankliniella occidentalis*, *Orius* sp., *Polymerus* sp., *Cucumis sativus* L.

## Introducción

El grado de uso de una determinada estrategia de manejo de plagas es consecuencia del diseño del sistema agrícola. Este enfoque ha sacrificado la defensa natural de las plantas en pro de variedades de alto potencial de rendimiento. El manejo agroecológico de la salud de los cultivos incluye aspectos como el diseño de sistemas equilibrados, el manejo de la salud ambiental y humana y el uso racional de los plaguicidas y fertilizantes, sean estos sintéticos o naturales (Arauz 1996).

Las prácticas para mejorar la fertilidad de los suelos pueden impactar directamente la susceptibilidad fisiológica del cultivo a los insectos plaga, ya sea afectando la resistencia al ataque de las plantas individuales o alterando la susceptibilidad de algunas plantas hacia ciertos herbívoros (Nicholls 2010).

El cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.) posee gran importancia ya que tiene un alto índice de consumo en nuestra población, sirve de alimento tanto en fresco como industrializado, representando una alternativa de producción para los agricultores. En cuanto a su valor nutricional es una de las hortalizas que contiene vitaminas A, B, C y minerales, que son indispensables en la vida humana (CENTA 2003).

Para finales del año 2014, la producción de pepino era de 124,342 quintales, con un precio de mercado de \$19,87 el saco de 125 libras (MAG 2015). En cada época de siembra los problemas fitosanitarios son similares pero varían en incidencia y severidad según las condiciones climáticas existentes, como la humedad relativa, la temperatura, además de la presencia o no de vegetación aledaña que sirven como hospederos alternos de diversidad de organismos,

que pueden afectar al cultivo como: gusano perforador (*Diaphania hyalinata*, *D. nitidalis*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*), tortuguillas (*Diabrotica* spp., *Acalyma* sp.), trips (*Frankliniella occidentalis*), pulgones (*Aphis gossypii*) (CENTA 2003).

En la siguiente investigación se evaluaron cuatro programas fitosanitarios: insecticida químico, extracto de *Piper tuberculatum*, M5 y un insecticida microbiológico (*Beauveria bassiana* y *Metharhizium anisopliae*) combinados con dos tipos de enmiendas orgánicas (bokashi y lombriabono) y una fertilización convencional con fertilizante químico para observar la incidencia de insectos fitófagos y benéficos en los diferentes órganos de las plantas.

## Materiales y métodos

### Descripción del estudio

El trabajo de investigación se desarrolló en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz; con una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas 13°28'3" Latitud Norte, -89°05'8" Longitud Oeste y coordenadas planas de 261.5 km Latitud Norte, 489.6 km Longitud Oeste. Con una temperatura promedio mensual de 25.7°C (Amparo *et al.* 2005).

### Metodología experimental

Se estableció un diseño de parcelas divididas con arreglo factorial

3x4. El cual constó de 12 tratamientos con tres repeticiones cada uno, en un área de 288 m<sup>2</sup> (Figura 1). La parcela grande (96 m<sup>2</sup> y 12 surcos), indicó el tipo de fertilización que se utilizó: B1= bokashi; B2= lombriabono; B3= formula química (15-15-15). Las parcelas pequeñas representaron los cuatro tipos de insecticidas: T<sub>1</sub>= botánico (cordoncillo *Piper tuberculatum*, 231.27 g. de hoja molida); T<sub>2</sub>= químico (Spinetoram e Imidacloprid); T<sub>3</sub>= M5 (ajo 0.5 kg, cebolla morada 0.5 kg, chile picante 0.5 kg, jengibre 0.75 kg, vinagre 0.75 kg, melaza 0.75 kg, microorganismos de montaña 1.5 l, y agua 5 l); T<sub>4</sub>= microbiológico (*Beauveria bassiana* 3.0 x 10<sup>11</sup> conidios/kg y *Metarhizium anisopliae* 5.0 x 10<sup>12</sup> conidios/kg). Se inició delimitando los 288 m<sup>2</sup> necesarios para establecer el cultivo. El sistema de riego utilizado fue por goteo, para lo cual se colocaron cintas de riego en todas las camas. La colocación de los

tutores se realizó antes del trasplante con el objetivo de no dañar las plántulas. Para asegurar los tutores se colocó una hilera de alambre galvanizado n° 14 a una altura de 1.50 m. Posteriormente se trasplantaron las plántulas de una edad de 10 días después de la siembra, a un distanciamiento de 1.35 m entre cama y 0.20 m entre plantas.

Las variables a medir fueron la incidencia de insectos fitófagos y benéficos en cada tratamiento, para ello se seleccionaron 10 plantas por tratamiento, cuando las plantas estaban pequeñas se revisaron por completo. Una vez las plantas se desarrollaron, el muestreo se dividió por estrados (alto, medio y bajo) se tomaron 10 hojas, 10 brotes, 10 tallos, 10 frutos y 10 flores de cada uno de los estratos. El muestreo se inició a partir de la semana uno después del trasplante hasta la semana 12, con una frecuencia de 2 veces por semana. Para el caso de mosca blanca y trips los conteos fueron realizados utilizando trampas cromáticas amarillas con una dimensión de 15 x 30 cm, las trampas fueron distribuidas en cada parcela pequeña haciendo un total de 36 en toda el área, las lecturas fueron realizadas semanalmente.

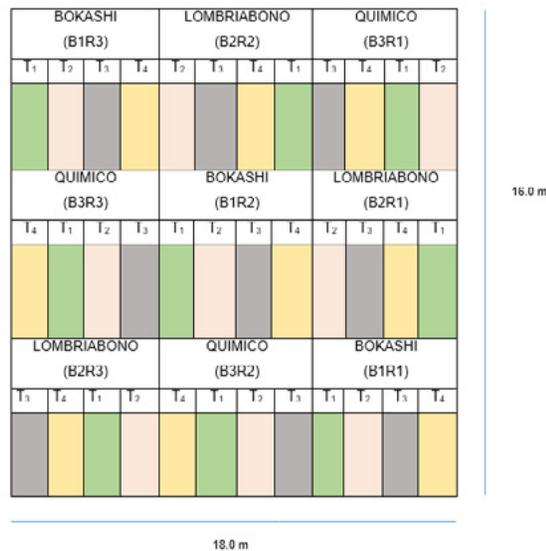


Figura 1. Diagrama de distribución de los factores: Fertilización e Insecticida.

### Metodología estadística

Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo en el programa R (R 2017). Los datos provenientes del muestreo fueron analizados ajustando modelos lineales generalizados mixtos con distribución binomial y función de enlace logit, especificando la estructura de los tratamientos como en un diseño de parcelas divididas. Los modelos fueron ajustados mediante la función glmer del paquete lme4 (Bates et al. 2015). Las tablas de Análisis de Desviación (diferencias entre los modelos lineales utilizados), fueron obtenidas

mediante la función Anova del paquete car, por comparación pareadas se realizaron utilizando la función lsmeans del paquete lsmeans (Lenth 2016), los gráficos se elaboraron utilizando el paquete ggplot2 (Wickham 2009) y multcompview (Graves *et al.* 2015). La asociación entre los insectos fitófagos y depredadores con las diferentes partes de la planta se evaluó utilizando un Análisis de Componentes Principales mediante el paquete FactoMineR (Le *et al.* 2008), el biplot fue realizado utilizando el paquete factoextra (Kassambara y Mundt 2017).

### Metodología económica

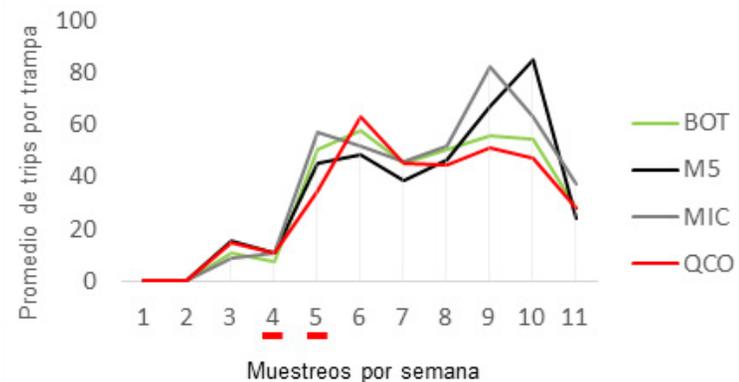
Se utilizó la metodología de análisis costo-efectividad propuesta por el programa de economía del CIMMYT, en el cual se calcularon los costos variables de los programas de manejo fitosanitario (costo de productos y costo de aplicación), y se realizó un análisis de dominancia, en el cual en lugar del beneficio neto, se colocaron los valores de efectividad de los controles de mayor a menor y se señaló la efectividad de los tratamientos sobre el control de los diferentes insectos, y de esta manera se determinó el mejor índice de costo-efectividad (CIMMYT 1988).

## Resultados y discusión

### Distribución espacial y temporal de trips (*Frankliniella occidentalis*) y mosca blanca (*Bemisia tabaci* L.)

Las capturas de *Frankliniella occidentalis* en trampas fueron en aumento conforme las plantas desarrollaron más sus órganos. Las parcelas tratadas con diferentes fertilizantes fueron similares en las capturas semanales de trips, no así en las parcelas de los

programas fitosanitarios químico (Spinetoram e Imidacloprid) y botánico, donde se presentaron reducciones en la cantidad de individuos capturados. Esto indica que los programas de fertilización no afectan la preferencia de los trips por las plantas. Los insecticidas botánicos (*Piper tuberculatum*) y químico reflejaron una reducción de trips capturados en trampas entre las semanas ocho y 11 (Figura 2).



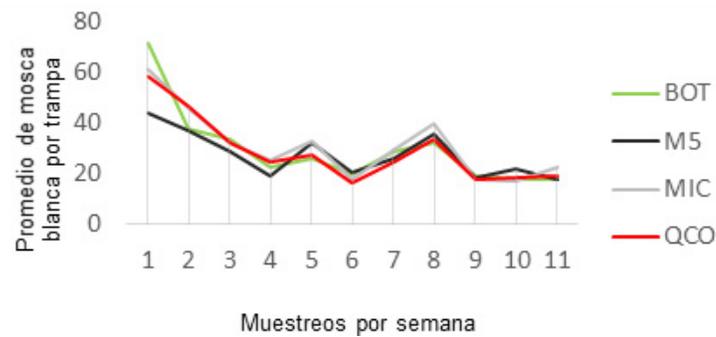
\*Las barras representan las semanas en las cuales se realizaron las aplicaciones de los insecticidas químico y botánico.

**Figura 2.** Distribución en el tiempo de trips (*Frankliniella occidentalis*) en trampas amarillas.

Las trampas amarillas presentaron un elevado número de capturas de mosca blanca al inicio del cultivo, sin embargo, las capturas fueron disminuyendo gradualmente durante el ciclo del cultivo. Las aplicaciones de los programas, tanto de fertilización como el fitosanitario, se comportaron de manera similar, esto quiere decir que no influyeron en la reducción de las poblaciones. Esto puede deberse a que algunas especies de cucurbitáceas no

son hospederos predilectos de mosca blanca y otras (*Cucumis melo*) muestran ciertos niveles de resistencia para *B. tabaci* L. (Soria et al. 1999).

El comportamiento de mosca blanca en trampas fue muy similar en los diferentes insecticidas (botánico, M5, microbiológico y químico) (Figura 3).



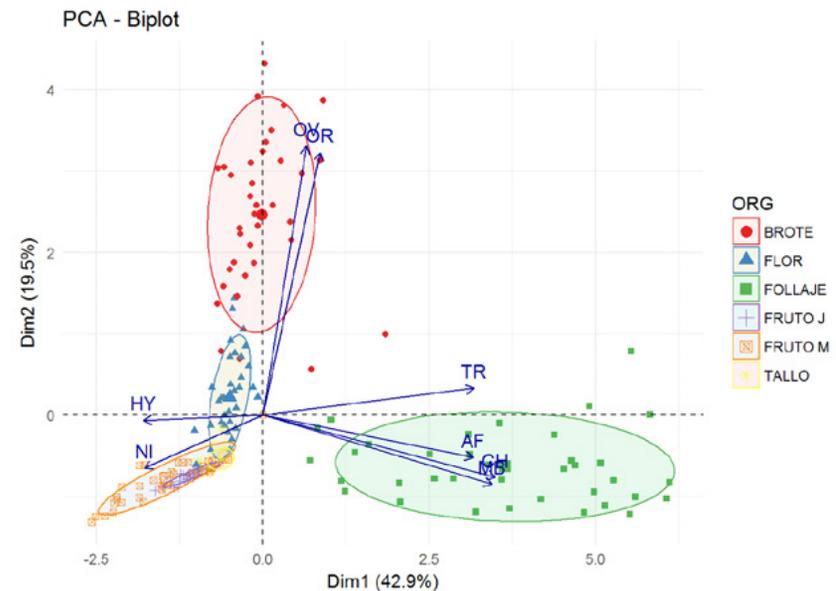
\*Las barras representan las semanas en las cuales se realizaron las aplicaciones de los insecticidas químico y botánico.

**Figura 3.** Distribución en el tiempo de mosca blanca (*Bemisia tabaci* L.) en trampas amarillas.

### Distribución de los insectos asociados por órgano de la planta

Existió una división entre los insectos asociados a los órganos vegetativos y reproductivos, lo que indica cierta preferencia por algunos organismos a determinados órganos de la planta. Se pueden observar dos dimensiones, en la primera con un 42.9% de variación de los datos, se encuentran principalmente *Frankliniella occidentalis*, áfidos y la chinche *Polymerus sp.*, que están más asociados a hojas desarrolladas. En la segunda dimensión, con un 19.5% de la variación de los datos, se observa una preferencia de *Orius sp.*, en los brotes, además de encontrarse oviposturas

de *Diaphania sp.*, en hojas en crecimiento; *Diaphania hyalinata* y *Diaphania nitidalis* se encuentran en flores y frutos (Figura 4).



\*OV: Oviposturas, OR: *Orius sp.* HY: *Diaphania hyalinata*, NY: *Diaphania nitidalis*, TR: Trips, AF: Afidos, CH: chinche *Polymerus sp.*, MB: Mosca Blanca, NI: *O. pumilio*

**Figura 4.** Esquema de componentes principales, insectos asociados a diferentes órganos en plantas de pepino.

### Efecto de los programas de fertilización en la incidencia de organismos fitófagos

Las menores incidencias de insectos fitófagos se observaron en las parcelas fertilizadas con lombriabono y bokashi. Las plantas fertilizadas químicamente presentaron un mejor desarrollo en comparación a las otras parcelas y por ello existió una mayor preferencia por parte de los insectos fitófagos (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Significancia de los programas de fertilización en los organismos fitófagos.

Fertilizantes	Bokashi	Lombriabono	Químico
<i>Diaphania hyalinata</i> (brotes)	3.28%, ES= 0.61% ( $X^2$ gl (2) = 13.86, P = 0.0009)	5.22%, ES= 0.84%	7.86%, ES= 1.12%
<i>Frankliniella occidentalis</i> (brotes >5)	0.35%, ES= 0.17% ( $X^2$ gl (2) = 48.227, P = 3.371e-11)	0.56%, ES= 0.23%	3.84%, ES= 0.96
<i>Frankliniella occidentalis</i> (brotes)	14.78%, ES= 1.25% ( $X^2$ gl (2) = 48.227, P = 3.371e-11)	14.38%, ES= 1.25% ( $X^2$ gl (2) = 7.919, P = 0.0190)	17.13%, ES= 1.45

Las enmiendas lombriabono y bokashi tuvieron una menor proporción de brotes con presencia de trips (*Frankliniella occidentalis*) y *Diaphania hyalinata*; según Durán y Henríquez 2007, la materia prima utilizada para la elaboración de lombriabono es el factor que determina la efectividad de dicha enmienda, se pudo observar que para las parcelas tratadas con lombriabono se dio un menor desarrollo de las plantas, es decir, plantas con tallos más delgados y menor número de brotes, que pudiera deberse a la cantidad de nutrientes que el lombriabono le aporta. En ambos casos, la mayor cantidad de brotes con presencia de trips (*Frankliniella occidentalis*) y *Diaphania hyalinata* fueron las parcelas fertilizadas con químico (15-15-15).

## Efecto de los programas fitosanitarios en la incidencia de organismos fitófagos

La menor incidencia de insectos se presentó en las parcelas que fueron tratadas con el programa químico para tallos, frutos jóvenes, flores y brotes (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Significancia de los programas fitosanitarios en los organismos fitófagos en el cultivo de pepino.

Programas / insectos	Químico	Botánico	M5	Microbiológico
<i>D. hyalinata</i> (tallos)	0.52%, ES = 0.22% ( $X^2$ gl (3)= 13.2104, P = 0.0042)	1.53%, ES = 0.46%	1.53%, ES = 0.46%	2.33%, ES = 0.63%
<i>D. hyalinata</i> (frutos jóvenes)	1.49%, ES = 0.29% ( $X^2$ gl (3)= 52.083, P = 2.875e-11)	5.81%, ES = 0.64%	5.53%, ES = 0.62%	6.64%, ES = 0.7%
<i>D. nitidalis</i> (flores)	0.4%, ES = 0.22% ( $X^2$ gl (3)= 14.59, P = 0.002196)	1.24%, ES = 0.37%	2.59%, ES = 0.57%	1.92%, ES = 0.48%
<i>D. nitidalis</i> (frutos jóvenes)	0.94%, ES = 0.22% ( $X^2$ gl (3)= 44.37, P = 1.254e-09)	4.72%, ES = 0.52%	4.24%, ES = 0.49%	4.29%, ES = 0.50%
<i>Frankliniella occidentalis</i> (brotes)	7.51%, ES = 0.88% ( $X^2$ gl (3)= 59.8689, P = 6.27e-13)	18.88%, ES = 1.38%	18.56%, ES = 1.36%	20.22%, ES = 1.44%
<i>Frankliniella occidentalis</i> (follaje > 5)	0.74%, ES = 0.18% ( $X^2$ gl (3)= 113.83, P = 2.2e-16)	5.52%, ES = 0.83%	6.14%, ES = 0.92%	6.75%, ES = 0.99%
<i>Frankliniella occidentalis</i> (flores)	0.052%, ES = 0.05% ( $X^2$ gl (3)= 14.59, P = 0.002196)	0.37%, ES = 0.22%	0.97%, ES = 0.51%	0.53%, ES = 0.30%

El programa fitosanitario químico mostró una menor incidencia de poblaciones de *Polymerus* sp. y áfidos, mediante la aplicación de Imidacloprid. Bajo dosis subletales se afecta el comportamiento alimenticio de los áfidos, resultando en la supresión de la excreción de miel de rocío, desorientación, hambre y posteriormente la muerte (Ishaaya y Degheele 1998). *Orius* sp., fue el depredador más abundante en el cultivo, sin embargo en las parcelas tratadas con el programa químico, se observó una reducción en sus poblaciones, sin embargo se registró una recuperación en menor cantidad en sus poblaciones en comparación a los fitófagos. Esto pudo estar relacionado a las aplicaciones tipo drench de Imidacloprid, lo cual es similar a lo observado por Srivastava, et al. 2007, donde se aplicó Imidacloprid al suelo en plantas de chile trasplantadas suprimiendo en gran medida las poblaciones de chinches piratas [*Orius insidiosus* (Say) y *O. pumilio* (Campeón)].

### Efecto de las interacciones en la incidencia de organismos fitófagos

Las interacciones entre cada tipo de fertilizante con el programa de insecticida químico presentaron las menores incidencias de insectos fitófagos, siendo la combinación fertilizante químico con insecticida químico la que presentó la menor incidencia (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Significancia de las interacciones en los organismos fitófagos en el cultivo de pepino.

Interacciones	> 5 Trips: follaje	Trips: brotes	Chinche: follaje	Áfidos: follaje
(F) Químico- (I) químico	0.56%, ES = 0.26%  (X <sup>2</sup> gl (8)= 52.4, P = 1.376e-08)	5.42%, ES = 1.28%  (X <sup>2</sup> gl (6)= 13.982, P = 0.0298)	6.15%, ES = 1.07%  (X <sup>2</sup> gl (8)= 15.543, P = 0.04941)	0.5%, ES = 0.27%  (X <sup>2</sup> gl (8)= 44.15, P = 5.327e-07)
(F) Lombriabono- (I) químico	0.64%, ES = 0.28%	7.54%, ES = 1.51%	5.03%, ES = 0.93%	0.35%, ES = 0.02%
(F) Bokashi- (I) químico	1.12%, ES = 0.42%	10.26%, ES = 1.73%	7.38%, ES = 1.21%	0.000006263314%, ES = 0.00000202%
(F) Químico- (I) M5	4.53%, ES= 1.23%	22.96%, ES= 2.55%	16.5%, ES= 2.16%	4.73%, ES= 1.41%
(F) Lombriabono- (I) M5	10.82%, ES= 2.53%	16.91%, ES= 2.23%	14.2%, ES= 1.94%	3.79%, ES=1.17%
(F) Bokashi-(I) M5	4.64%, ES= 1.25%	16.31%, ES= 2.94%	14.45%, ES= 1.97%	6.39%, ES= 1.82%
(F) Químico- (I) botánico	4.82%, ES= 1.29%	25.01%, ES= 2.65%	13.89%, ES= 1.91%	7.01%, ES= 1.97%
(F) Lombriabono- (I) botánico	6.34%, ES= 1.16%	17.52%, ES= 2.27%	17.84%, ES= 2.27%	5.36%, ES= 1.57%
(F) Bokashi - (I) botánico	5.5%, ES= 1.44%	15.05%, ES= 2.11%	16.55%, ES= 2.16	4.34%, ES= 1.31%
(F) Químico- (I) microbiológico	9.64%, ES= 2.23%	24.18%, ES= 2.61%	13.39%, ES= 1.86%	3.33%, ES= 1.05%
(F) Lombriabono- (I) microbiológico	5.39%, ES= 1.42%	18.43%, ES= 2.32%	16.56%, ES= 2.16%	4.07%, ES= 1.24%
(F) Bokashi- (I) microbiológico	5.88%, ES= 1.52%	18.43%, ES= 2.32%	14.85%, ES= 2.09%	10.18%, ES= 2.7%

\* (F) Fertilizante, (I) Insecticida

La interacción entre el uso de lombriabono como tratamiento al suelo e insecticida químico, presentó la menor incidencia de chinches y áfidos. Todos los programas fitosanitarios tuvieron un mejor efecto cuando fueron combinados con fertilizante químico, debido a que las plantas presentaban mejor desarrollo (Castellanos González *et al.* 2015), considera que una planta bien nutrida posee varias ventajas en cuanto a su resistencia a las plagas con relación a una planta con deficiencia nutricional.

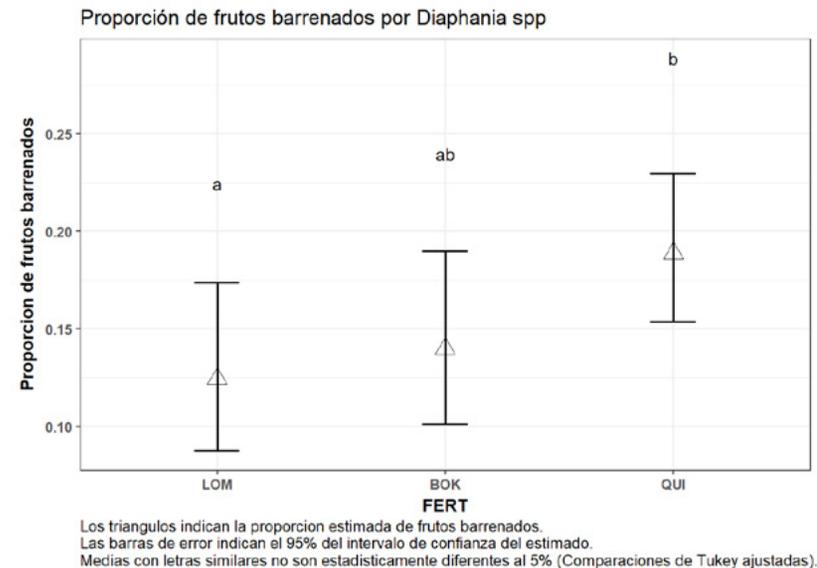
En la interacción de fertilizante e insecticida químico, las poblaciones de trips presentaron la menor incidencia en brotes y follaje, debido al desarrollo pobre de estos órganos, lo cual nos indica que como no existían las condiciones favorables para el establecimiento de estos organismos, presentaron una preferencia por las plantas fertilizadas químicamente, que presentaron un mejor desarrollo en todos los órganos vegetativos, lo cual concuerda con Nicholls 2010, encontrando que la resistencia está directamente ligada a la fisiología de la planta. Por ello, cualquier factor que afecte la fisiología de la planta (p. ej., la fertilización), puede en potencia cambiar su resistencia a los insectos plaga.

### Daños totales en frutos cosechados

La cosecha tuvo una duración de seis semanas, de las cuales se obtuvieron un total de 1,372 frutos. Los frutos dañados por *Diaphania hyalinata* fueron 164, mientras que por *Diaphania nitidalis* fueron 69.

El modelo completo que contenía todas las variables (efecto insecticida, más el efecto del fertilizante, más el efecto de la interacción), no mostró diferencia en cuanto a su ajuste a los

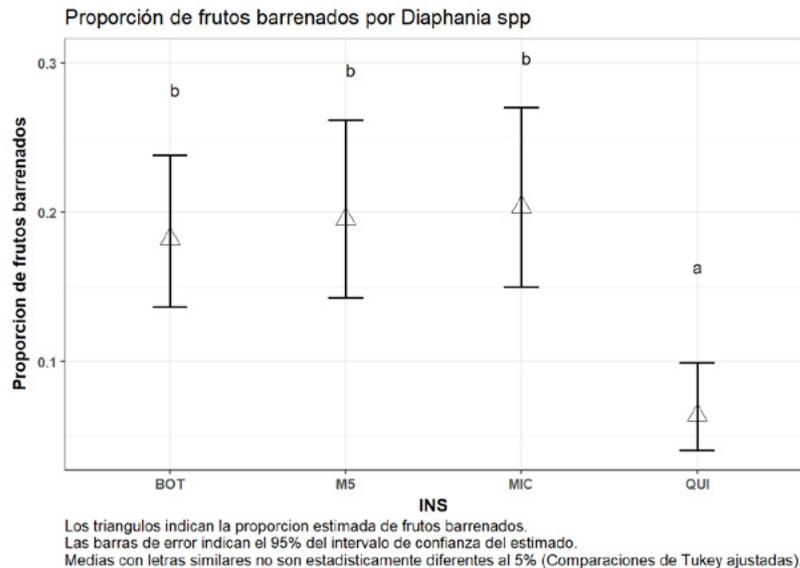
datos (AIC) con respecto al modelo sin inclusión de la interacción de factores Fertilización: Insecticida ( $X^2$  gl (6) = 9.405,  $P=0.152$ ). Esto implica que el efecto de los insecticidas evaluados fue similar en cada tipo de fertilización utilizada. La proporción de frutos dañados se vio afectada por el tipo de Fertilización ( $X^2$  gl (2) = 8.1182,  $P=0.01726$ ), pero principalmente por el tipo de Insecticida utilizado ( $X^2$  gl (3) = 38.1994,  $P=2.565 \times 10^{-8}$ ). En el caso del factor Fertilizante, las parcelas tratadas con fertilización química presentaron mayor proporción de frutos dañados (18.86%  $ES=1.58\%$ ), con respecto a los tratados con lombriabono ( $P=0.0185$ ) (Figura 5).



\* Los datos en las gráficas fueron transformados de probabilidad a porcentaje.

**Figura 5.** Proporción de frutos de pepino barrenados por *Diaphania* sp., relacionado con la fertilización del cultivo.

En el caso del factor Insecticida, las parcelas tratadas con insecticidas químicos presentan menor proporción de frutos dañados (6.37% ES=1.14%), con respecto a las parcelas tratadas con M5, extracto botánico y microbiológico (Figura 6).



\* Los datos en las gráficas fueron transformados de probabilidad a porcentaje.

**Figura 6.** Proporción de frutos de pepino barrenados por *Diaphania* sp., relacionado con los insecticidas.

### Costo efectividad

El tratamiento que presentó un menor índice de costo efectividad fue el insecticida químico (Spinetoram) para el control de *Diaphania hyalinata* y *D. nitidalis*, obteniendo un valor de 3.25, esto quiere decir que ejerció un control con un 93% de efectividad al menor costo (\$304.58) (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Índice de Costo-Efectividad para el control de *Diaphania hyalinata* y *D. nitidalis* en el cultivo de pepino.

Tratamientos (insecticidas)	% de efectividad	Costo variable (\$)	Índice costo / efectividad
Químico	93.63	304.58	3.25
M5	80.45	615.14	7.65
Microbiológico	79.65	444.44	5.58

El programa químico no solo tiene un costo en concepto de producto más bajo que otros programas evaluados, sino que también reduce la cantidad de mano de obra requerida para su aplicación, sin embargo, la efectividad del uso de Spinetoram está basado principalmente en su aplicación oportuna, lo cual se logró tomando decisión a partir de los muestreos semanales. La diferencia en los jornales utilizados para la aplicación de los programas fitosanitarios (microbiológico, M5, botánico), pueden ser utilizados para realizar monitoreo de las plagas del cultivo del pepino y determinar el momento oportuno de la aplicación.

Las parcelas fertilizadas químicamente presentaron la mayor cantidad de frutos dañados con *D. hyalinata* y *D. nitidalis*, debido a que también fueron las que presentaron la mayor cantidad de frutos cosechados. Sin embargo, el programa de Spinetoram presentó la mayor reducción de *Diaphania* sp. en los frutos, ya que, por su forma de acción al entrar en contacto con el insecto, éste deja inmediatamente de alimentarse y muere en pocas horas. El programa fitosanitario con Imidacloprid presentó una reducción en poblaciones de mosca blanca, sin embargo, no fue significativamente diferente a los otros programas (M5,

microbiológico y botánico), pero si presentó un control en las poblaciones de chinches *Polymerus sp.* y mantuvo las poblaciones de trips (*Frankliniella occidentalis*) bajas en el ciclo del cultivo. Si bien las poblaciones de mosca blanca no justifican la aplicación de Imidacloprid, en cuanto a las poblaciones de chinches *Polymerus sp.* es el programa con menor incidencia.

## Conclusiones

El uso del programa fitosanitario químico (Imidacloprid, Spinetoram) fue el que presentó la menor proporción de órganos con insectos fitófagos en la plantación, lo que evidencia su efectividad en aplicaciones oportunas.

El uso de insecticidas químicos afectó las poblaciones de *Orius sp.* considerablemente en todo el ciclo del cultivo, no así en los programas tratados con microbiológicos, M5, botánico.

Los fertilizantes que tuvieron efecto sobre la proporción de insectos fitófagos fueron: lombriabono (trips en brotes), bokashi (trips en brotes >5), químico (*Diaphania hyalinata* en flores) y lombriabono (*Diaphania hyalinata* en brotes).

Las interacciones que tuvieron efecto sobre la proporción de insectos fitófagos fueron: enmienda lombriabono + insecticida químico (áfidos en follaje), enmienda lombriabono + insecticida químico (chinches en follaje), fertilizante químico + insecticida químico (trips en brotes) y fertilizante químico + insecticida químico (trips en follaje >5).

El uso de insecticidas químicos demostró ser la alternativa más económica para el manejo de fitófagos en pepino, obteniendo un índice de costo efectividad de 3.25 ejerciendo una efectividad de

93% al menor costo \$304.58.

La preferencia de los fitófagos por los distintos órganos de la planta está influenciada por su biología y principalmente forma de alimentación.

## Recomendaciones

Antes de realizar una aplicación ya sea de productos químicos o biorracionales, se recomienda hacer muestreos previos de plagas con la finalidad de tener una mayor eficiencia en el control, así como también de reducir costos, tanto de producto como de mano de obra para la aplicación.

Promover la combinación y alternancia en la aplicación de productos fitosanitarios en el cultivo, con el objetivo de mejorar el establecimiento de organismos benéficos en el agroecosistema.

Colocar trampas amarillas cromáticas o cultivos trampa en los alrededores del cultivo, con la finalidad de reducir la entrada de insectos fitófagos a la plantación.

## Bibliografía

Amparo, A; Martínez, A; Zelada, E; Herrera, M. 2005. Creación de un Modelo de Sistemas de Información Geográficos (Sig) para una Finca, Caso Campo Experimental y de Prácticas de La Facultad de Ciencias Agronómicas: 116.

Arauz, LF. 1996. Hacia un uso racional de los plaguicidas sintéticos: una perspectiva agroecológica. Centro de Investigaciones de Protección de Cultivos, Universidad de Costa Rica: 7-10.

Bates, D; Maechler, M; Bolker, B; Walker, S. 2015. Fitting Linear

- Mixed-Effects Models Using (lme4). *Journal of Statistical Software* 67: 1-48.
- Castellanos González, L; de Mello, R; Silva, C. 2015. El Silicio en la resistencia de los cultivos. *Cultivos Tropicales* 36: 16-24.
- CENTA. 2003. Guía técnica del cultivo de pepino. Eds. HE Amaya; CM Garcia; MA Martinez; Vásquez, S; Orellana, J. 1 ed. San Andres, SV, s.e., 44 p.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz) 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. Mexico D.F., CIMMYT, 79.
- Durán, L; Henríquez, C. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 31(1): 41-51.
- Graves, S; Piepho, H; Selzer, L. 2015. *multcompView: Visualizations of Paired Comparisons*.
- Ishaaya, I; Degheele, D. 1998. Insecticides with novel modes of action : mechanisms and application. s.l., s.e., 289.
- Kassambara, A; Mundt, F. 2017. *factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses*.
- Le, S; Josse, J; Husson, F. 2008. *FactoMineR: A Package for Multivariate Analysis*. *Journal of Statistical Software* 25(1): 1-18.
- Lenth, R. 2016. Least-Squares Means: The R Package lsmeans. *Journal of Statistical Software* 69(1): 1-33.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2015. Anuarios de estadísticas agropecuarias 2014-2015. (En línea). Consultado 20 abr. 2016. Disponible en <http://www.mag.gob.sv/anuarios-de-estadisticas-agropecuarias/>
- Nicholls, C. 2010. Contribuciones agroecológicas para renovar las fundaciones del manejo de plagas. *Agroecología* 5: 7-22.
- R. 2017. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*.
- Soria, C; López-Sesé, AI; Gómez-Guillamón, ML. 1999. Resistance of *Cucumis melo* Against *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Environmental Entomology* 28(5): 831-835.
- Srivastava, M.; Lara B.; Olson, S.; Weiss, A. 2007. *Spinetoram Is Compatible with the Key Natural Enemy of Frankliniella Species Thrips in Pepper*. *Plant Health Progress*.
- Wickham, H. 2009. *Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. New York, Springer-Verlag.