

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



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

POR:

Fátima Rosario Alas Henríquez.

Nelson David Deras Rodríguez.

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO DE 2018

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL



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

POR:

Fátima Rosario Alas Henríquez.

Nelson David Deras Rodríguez.

REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO(A) AGRÓNOMO

CUIDAD UNIVERSITARIA, MAYO DE 2018

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

LIC. MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

LIC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENITEZ

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DECANO:

ING. AGR. MSC. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

SECRETARIO:

ING. AGR. MSC. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PROTECCION VEGETAL

ING. AGR. MSC. ANDRÉS WILFREDO RIVAS FLORES

DOCENTES DIRECTORES

ING. AGR. RICARDO ERNESTO GÓMEZ ORELLANA

ING. AGR.MSC. MIGUEL RAFAEL PANIAGUA CIENFUEGOS

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. AGR. RICARDO ERNESTO GÓMEZ ORELLANA

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 Luís 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) y un fertilizante químico y cuatro tipos de insecticidas (botánico, químico, M5 y microbiológico). Se realizaron muestreos semanales (planta completa y trampas amarillas) donde 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 que tuvieron efecto sobre la proporción de insectos fitófagos fueron: enmienda lombriabono + insecticida químico (Afidos 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 clave: *Diaphania hyalinata*, *Diaphania nitidalis*, *Frankliniella occidentalis*, *Orius* sp, *Polymerus*.

SUMMARY

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) (X2 gl (2) = 7.919, P = 0.0190), bokashi (*Frankliniella occidentalis* in shoots > 5) (X2 gl (2) = 48.227, P = 3.371e-11) chemical (*Diaphania hyalinata* in flowers) (X2 gl (2) = 14.34, P = 0.00076) and earthworm humus (*Diaphania hyalinata* in shoots) X2 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) (x2 gl (8) = 44.15, P = 5.327e-07), amendment earthworm humus+ chemical insecticide (*Polymerus sp.* in foliage) (X2 gl (8) = 15.543, P = 0.04941), chemical fertilizer + chemical insecticide (*Frankliniella occidentalis* in shoots) (X2 gl (6) = 13.982, P = 0.0298) and chemical fertilizer + chemical insecticide (*Frankliniella occidentalis* in foliage > 5) (X2 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*.

Agradecimientos.

A Dios.

A nuestros asesores Ing. Agr. Miguel Rafael Paniagua Cienfuegos, por su apoyo desde el inicio del proyecto y por ser nuestro mentor y guía durante todo el proceso de la investigación y al Ing. Agr. Ricardo Gómez por su colaboración en el proyecto.

A todos los ingenieros agrónomos del departamento de protección vegetal.

A nuestra familia por ser nuestro apoyo incondicional durante toda nuestra vida.

Al Licenciado en química y farmacia Norbis Solano por asesorarnos en el área química.

Al personal del Laboratorio de investigación en productos naturales de la Facultad de Química y Farmacia por guiarnos y brindarnos materiales para la elaboración del extracto botánico.

A nuestros compañeros y amigos que colaboraron con el establecimiento del cultivo.

A los estudiantes de la materia de MPA 2016 por colaborarnos en actividades relacionadas a la investigación.

A los trabajadores de la Estación Experimental y de Practicas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, por brindarnos su apoyo en actividades del establecimiento del cultivo.

INDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.....	2
2.1	Generalidades.....	2
2.1.1	Origen.....	2
2.1.2	Taxonomía.....	2
2.1.3	Morfología de la planta.....	2
2.1.4	Requerimientos climáticos.....	3
2.2	Principales plagas del cultivo de pepino.....	3
2.2.1	Gusano perforador (<i>Diaphania nitidalis</i> y <i>Diaphania hyalinata</i> : Lepidóptera: <i>Crambidae</i>).....	3
2.2.2	Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i> : Hemíptera: <i>Aleyrodidae</i>).....	3
2.2.3	Tortuguillas (<i>Diabrotica spp</i> , <i>Cerotoma spp</i> , <i>Acalymma sp</i> entre otras: Coleoptera: <i>Chrysomelidae</i>).....	4
2.2.4	Trips (<i>Thrips palmi</i> , <i>T. tabaci</i> , <i>Frankliniella occidentalis</i> : Thysanoptera: <i>Thripidae</i>).....	4
2.2.5	Pulgones (Hemiptera: <i>Aphididae</i>).....	4
2.3	Principales enfermedades del cultivo de pepino.....	4
2.3.1	Mildiú polvoso (<i>Sphaerotheca fuligineae</i> y <i>Erysiphe cichoracearum</i>).....	4
2.3.2	Marchitez por <i>Fusarium spp</i>	5
2.3.3	Marchitez Bacteriana (<i>Erwinia tracheiphila</i>).....	5
2.4	Insectos benéficos.....	5
2.4.1	<i>Orius spp</i> . (Hemiptera: <i>Anthocoridae</i>).....	5
2.5	Practicás agroecológicas en el manejo fitosanitario.....	6

2.5.1	Abono orgánico tipo bokashi.....	6
2.5.2	Lombriabono.....	6
2.5.3	Insecticidas biorracionales.....	7
2.5.4	Insecticidas de extractos botánicos.	7
2.5.5	Aceites.....	8
2.5.6	Control biológico.....	8
2.5.7	Mezclas.	9
2.6	Nutrición de las plantas y su influencia en la incidencia de plagas.....	9
2.7	Materiales y métodos.....	10
2.8	Bioensayo de <i>Piper tuberculatum</i> sobre <i>Melanaphis sacchari</i>	10
2.8.1	Insectos utilizados en el bioensayo.....	10
2.8.2	Bioensayo.....	10
2.9	Descripción del Estudio.	10
2.9.1	Metodología de campo.....	11
2.9.2	Fertilizantes.	13
2.9.3	Insecticidas.....	13
2.9.4	Toma de datos.....	15
2.9.5	Modelo estadístico.....	15
2.9.6	Análisis de datos.	16
2.9.7	Metodología económica.....	16
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
3.1	Bioensayo de extracto de <i>Piper tuberculatum</i>	18
3.2	Comportamiento extracto de <i>Piper tuberculatum</i> sobre <i>Melanaphis sacchari</i>	18
3.3	Distribución espacial y temporal de trips.....	19
3.4	Distribución espacial y temporal de mosca blanca.....	19
3.4.1	Distribución de trips en trampas amarillas.	19
3.4.2	Distribución de mosca blanca en trampas amarillas.	20

3.5	Distribución de los insectos asociados por órgano de la planta.	20
3.6	Efecto del tipo de fertilización en la incidencia de insectos asociados.	21
3.6.1	Brotos.....	21
3.6.2	Follaje.....	25
3.6.3	Tallo.	31
3.6.4	Flores.	31
3.6.5	Frutos.....	34
3.7	Daños en frutos cosechados.	36
3.7.1	Total de frutos cosechados.....	36
3.7.2	Frutos barrenados.	36
3.7.3	Frutos dañados por trips.....	40
3.8	Costo efectividad.	40
3.9	Discusión de resultados.....	41
3.9.1	Distribución espacial y temporal.	41
3.9.2	Efecto del programa fitosanitario.	41
3.9.3	Efecto del fertilizante.	42
3.9.4	Efecto de la interacción.	42
3.9.5	Económico.....	43
3.10	Comportamiento del extracto de <i>Piper tuberculatum</i>	43
4	CONCLUSIONES.	44
5	RECOMENDACIONES.	45
6	BIBLIOGRAFÍA.....	46
7.	ANEXOS.....	50

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Índice de costo efectividad.	17
Cuadro 2: Índice de Costo-Efectividad <i>Diaphania sp</i>	40

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de distribución de los factores: Fertilización e Insecticida	12
Figura 2. Dosis letal media extracto de <i>Piper tuberculatum</i> sobre <i>Melanaphis sacchari</i> ...	18
Figura 3. Distribución en el tiempo de trips en trampas amarillas.....	19
Figura 4. Distribución en el tiempo de mosca blanca en trampas amarillas.	20
Figura 5. Esquema de componentes principales, insectos asociados a órganos.	21
Figura 6. Proporción de brotes con <i>Diaphania hyalinata</i>	22
Figura 7. Proporción de brotes con trips.	22
Figura 8. Proporción de brotes con más de 5 trips.	23
Figura 9. Proporción de brotes con <i>Orius sp</i>	24
Figura 10. Proporción de brotes con trips.	24
Figura 11. Proporción de brotes con trips.	25
Figura 12. Proporción de hojas con Oviposturas.....	26
Figura 13. Proporción de hojas con chinches.	26
Figura 14. Proporción de hojas con Afidos.....	27
Figura 15. Proporción de hojas con <i>Orius sp</i>	28
Figura 16. Proporción de hojas con más de 5 trips.	28
Figura 17. Proporción de hojas con chinches.	29
Figura 18. Proporción de hojas con Afidos.....	30
Figura 19. Proporción de hojas con más de 5 trips.	30
Figura 20. Proporción de tallos con <i>Diaphania hyalinata</i>	31
Figura 21. Proporción de flores con <i>Diaphania hyalinata</i>	32
Figura 22. Proporción de flores con <i>Diaphania nitidalis</i>	32
Figura 23. Proporción de flores con trips.....	33
Figura 24. Proporción de flores con <i>Orius sp</i>	34

Figura 25. Proporción de frutos con <i>Diaphania nitidalis</i>	35
Figura 26. Proporción de frutos barrenados por <i>Diaphania hyalinata</i>	35
Figura 27. Proporción de frutos barrenados por <i>Diaphania sp.</i>	36
Figura 28. Proporción de frutos barrenados por <i>Diaphania sp.</i>	37
Figura 29. Proporción de frutos barrenados por <i>Diaphania hyalinata</i>	38
Figura 30. Proporción de frutos barrenados por <i>Diaphania hyalinata</i>	39
Figura 31. Proporción de frutos barrenados por <i>Diaphania nitidalis</i>	40

INDICE DE ANEXOS

Figura A- 1. Desinfección de sustrato y llenado de depósitos.	50
Figura A- 2. Siembra y preparación del terreno.	50
Figura A- 3. Instalación de sistema de riego por goteo.	51
Figura A- 4. Establecimiento y trasplante.	51
Figura A- 5. Molido y pesado del material vegetal.	52
Figura A- 6- Aplicación de Diclorometano (Ch ₂ Cl ₂) y baño ultrasónico de la muestra.	52
Figura A- 7. Mezcla de filtrados en el rotaevaporador.	53
Figura A- 8. Colocación del extracto puro en un bisel.	53
Figura A- 9. Fitotoxicidad en brotes y márgenes de hojas.	54
Figura A- 10. Distribución espacial de mosca blanca.	54
Figura A- 11. Distribución espacial de trips.	56
Figura A- 12. Daños por <i>Diaphania hyalinata</i> en brotes.	56
Figura A- 13. Daños por chinche <i>Polymerus sp</i> en hojas.	57
Figura A- 14. <i>Orius sp</i> enemigo natural de trips.	57
Figura A- 15. Daños de <i>Diaphania hyalinata</i> en frutos cosechados.	57
Figura A- 16. Daños de <i>Diaphania nitidalis</i> en frutos cosechados.	57

1 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 al alterando la susceptibilidad de algunas plantas hacia ciertos herbívoros (Nicholls 2010).

El cultivo del pepino (*Cucumis sativus*) 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.

2 REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.

2.1 Generalidades.

2.1.1 Origen.

El pepino es originario de las regiones tropicales del Sur de Asia, cultivado hace 3,000 años en el Noroeste de la India, posteriormente fue trasladado hacia otras regiones del mundo, principalmente América (CENTA 2003).

2.1.2 Taxonomía.

Nombre científico: *Cucumis sativus L.*

División: Antofitas o Espermatofitas.

Subdivisión: Angiosperma.

Clase: Dicotiledóneas.

Orden: Cucurbitales.

Familia: Cucurbitáceae

Género: *Cucumis*

Especie: *sativus L.*

(Lagos 1983).

2.1.3 Morfología de la planta.

Toda la planta está recubierta por una capa de vellosidad erizada. Presenta tallos angulosos, rastreros y provistos de zarcillos. Las hojas son pecioladas con forma acorazonada en la base y presentan los bordes formando 5 lóbulos acabados en punta. Las flores son unisexuales y primero salen las masculinas. Las flores femeninas presentan el pedúnculo engrosado, ya que esta parte es la que más tarde dará lugar al fruto. Los frutos presentan varias formas dependiendo de la variedad del cultivo, desde alargados a cilíndricos, con corteza verde o amarilla. En las primeras etapas del desarrollo muestran sobre la superficie pequeños abultamientos. Las semillas, de contorno oval, son blancas y aplastadas, distribuyéndose en la parte central compacta (Paz 2003).

2.1.4 Requerimientos climáticos.

El rango altitudinal óptimo para el desarrollo de la plantación va desde los 0 a los 1,200 m.s.n.m. Las temperaturas promedio van desde los 18° C a los 26° C, pero tolera bien temperaturas más elevadas. Los mejores suelos para su cultivo son los de texturas cercanas a franca, sobre todo para las siembras de invierno, sin embargo en cualquier textura, las condiciones de drenaje deben ser buenas. El pH óptimo está entre 6.0 y 6.7. En cuanto a exigencia de agua, el cultivo requiere de 300 a 400 mm de agua durante su ciclo de desarrollo sobre todo, en el período de floración y fructificación. La profundidad radicular puede alcanzar 1.0 m pero el 90% se desarrolla en los primeros 30 cm. El pepino debe ser cultivado a pleno sol, sobre todo en el invierno, pero una alta intensidad de luz aumenta las flores masculinas (Viera *et al.* 2001).

2.2 Principales plagas del cultivo de pepino.

2.2.1 Gusano perforador (*Diaphania nitidalis* y *Diaphania hyalinata*: Lepidóptera: *Crambidae*).

Las hembras en su estado adulto ovipositan de manera individual o en pequeños grupos, en las hojas, ramas, flores o frutos. Los huevos eclosionan 4 o 5 días después de la ovoposición y las larvas pasan cinco estadios que duran de 14 a 21 días en total. La pupa está envuelta en un capullo delgado de seda y generalmente enrollado en una hoja de la planta. Se queda en el suelo cerca de las plantas hospederas o suspendido en las hierbas y otras plantas cercanas durante 5 a 10 días. Las larvas infestan los frutos antes de la cosecha, dañando su valor comercial reduciendo la calidad o destruyendo por completo los frutos (Lastres *et al.* 2007).

2.2.2 Mosca blanca (*Bemisia tabaci*: Hemíptera: *Aleyrodidae*).

Es común encontrarlas en zonas bajas entre 0 a los 600 msnm (Lastres *et al.* 2007). Las hembras ovipositan en el envés de las hojas. Los huevos son de forma elíptica, miden de 0,2 a 0,3 mm de largo, sujetados por un pequeño pedicelo. El periodo de incubación es de 7 a 15 días (Lopez 1995). Los daños directos (amarillamientos y debilitamiento de las plantas) son ocasionados por larvas y adultos al alimentarse, absorbiendo la savia de las hojas. Los daños indirectos se deben a la formación de fumagina sobre la melaza producida en la alimentación, manchando y depreciando los frutos y dificultando el normal

desarrollo de las plantas (USAID 2007). La mosca blanca es mucho más importante como vector de virus de tipo persistente y semipersistente (geminivirus y crinivirus) que como chupador (Lastres *et al.* 2007).

2.2.3 Tortuguillas (*Diabrotica* spp, *Cerotoma* spp, *Acalymma* sp entre otras: Coleoptera: *Chrysomelidae*).

Los crisomélidos son escarabajos que pueden atacar durante todo el ciclo del cultivo. Todos los miembros de esta familia se alimentan de follaje durante su etapa adulta llegando a defoliar completamente las plantas si se presentan en grandes cantidades, mientras que sus larvas se alimentan de raíces (Lastres *et al.* 2007).

2.2.4 Trips (*Thrips palmi*, *T. tabaci*, *Frankliniella occidentalis*: *Thysanoptera*: *Thripidae*).

Los adultos colonizan los cultivos realizando la puesta en los tejidos jóvenes, hojas, frutas y preferentemente en flores (porque son florícolas), donde se localizan los mayores niveles de población de adultos y larvas nacidas de las puestas. La larva es la que causa el mayor daño, pues sale y se alimenta de la planta raspando y chupando. Los daños directos se producen por la alimentación de las larvas y adultos en el envés de las hojas, dejando un aspecto plateado en las partes afectadas que luego se necrosan (USAID 2007). Los trips son transmisores de virus como el bronceado del tomate (TSWV) (Aramburu *et al.* 2007).

2.2.5 Pulgones (Hemiptera: *Aphididae*).

El daño es más frecuente en hojas jóvenes del centro de la planta. Su acción ocasiona la reducción de la calidad y cantidad de fruta. Las plantas gravemente infestadas se vuelven de color café y mueren. Los afidos tienden a extenderse rápidamente de un campo a otro transmitiendo una serie de enfermedades virales (Lastres *et al.* 2007).

2.3 Principales enfermedades del cultivo de pepino.

2.3.1 Mildiú polvoso (*Sphaerotheca fuliginea* y *Erysiphe cichoracearum*).

La enfermedad es causada por los hongos *Sphaerotheca fuliginea*, y *Erysiphe cichoracearum*, estos se desarrollan tanto en las hojas como en los peciolos y tallos. El mildiú polvoriento aparece en hojas, peciolos y yemas jóvenes de las cucurbitáceas, como una masa blanca con aspecto de ceniza, compuesta de micelio denso e incontable

número de esporas. Bajo condiciones medioambientales favorables, la superficie de la hoja puede ser abarcada completamente, incluso llegar a cubrir ambas superficies y además provocar una defoliación prematura en las plantas. La infección puede alcanzar tejidos más profundos y llegar a tal grado que las hojas tomen una coloración amarilla, luego carmelita y finalmente secarse (Morejón *et al.* 2010).

2.3.2 Marchitez por *Fusarium spp.*

Este hongo causa amarillamientos en hojas y marchitamiento en la planta, mostrándose en las raíces, base del tallo y guías. *Fusarium* también puede presentarse atacando frutos formando cicatrices marrón que revientan dejando surcos o ranuras en la cascara de la fruta que mantienen moho de color rosado. La forma más común de penetración directa del hongo es a través de las raíces, pero también puede penetrar ya sea por heridas hechas mecánicamente, nematodos o insectos. *Fusarium* con la habilidad de sobrevivencia en forma de clamidospora garantiza el inoculo inicial para la continuidad cíclica de la enfermedad en el cultivo. Para el desarrollo de la enfermedad causada por *Fusarium* se reportan temperaturas óptimas de 18 a 20 °C y de 25 a 30°C, con rangos mínimos de 5 y máximos de 37°C. La esporulación óptima ocurre entre los 20 y 25 °C (Lastres *et al.* 2007).

2.3.3 Marchitez Bacteriana (*Erwinia tracheiphila*).

La marchitez bacteriana es causada por la bacteria *Erwinia tracheiphila*. Esta bacteria obstruye el sistema vascular de las plantas afectadas. La bacteria pasa el invierno en los “intestinos” del escarabajo del pepino y transmite la enfermedad al alimentarse de cucurbitáceas. Las ramas afectadas se marchitan primero y luego se marchita la planta entera. Puede causar pérdidas considerables (50 a 100%) tanto áreas pequeñas como en operaciones hortícolas de gran escala (Lastres *et al.* 2007).

2.4 Insectos benéficos.

2.4.1 *Orius spp.* (Hemiptera: Anthocoridae).

Los adultos miden 3mm de longitud, poseen forma oval, con alas negras y parches blancos. Las ninfas son pequeñas, sin alas, de color amarillo anaranjado y cafés, en forma de gota de agua y se mueven rápidamente. Tanto adultos como inmaduros se alimentan de los jugos de sus presas, introduciendo su estilete en el cuerpo de la víctima. Se alimentan de presas que incluyen: trips, ácaros, afidos, huevos de insectos pequeños y algunas larvas pequeñas de lepidópteras, aunque prefieren los trips. Las ninfas

atraviesan por cinco estadios. El desarrollo de huevo a adulto toma un mínimo de veinte días bajo condiciones óptimas. Las hembras ponen un promedio de 129 huevos en toda su vida, que es de 35 días (Nicholls 2008).

2.5 Prácticas agroecológicas en el manejo fitosanitario.

A nivel mundial, el área destinada a la producción orgánica va en incremento, en parte a una mayor demanda por parte de los consumidores. El uso de insumos orgánicos también tiene un efecto en el incremento de la diversidad de artrópodos presentes en las áreas de cultivo, sin embargo, la respuesta de los organismos plaga y sus enemigos naturales es variable. Existen muchas referencias donde se ha demostrado que la implementación de prácticas orgánicas (uso de enmiendas orgánicas) tiene un efecto directo en la reducción de la incidencia de algunas plagas como pulgones (Östman et al. 2001), mosca blanca (Hummel et al. 2002) y moscas minadoras (Bettiol et al. 2004). Por otra parte, organismos como trips (Hummel et al. 2002), tienden a incrementarse en parcelas con manejo de agricultura orgánica.

Hay dos tipos de biofertilizantes, los aeróbicos que se producen en presencia de oxígeno y los anaeróbicos que se elaboran en ausencia del mismo. También existen los biofertilizantes enriquecidos, cuando se les añaden compuestos o elementos minerales para tener un producto que aporte nutrientes a las plantas (FAO 2013).

2.5.1 Abono orgánico tipo bokashi.

La palabra bokashi es del idioma japonés y para el caso de la elaboración de los abonos orgánicos fermentados, significa cocer al vapor los materiales del abono, aprovechando el calor que se genera con la fermentación aeróbica de los mismos. Los nutrientes que se obtienen de la fermentación de los materiales contienen elementos mayores y menores, los cuales forman un abono completo superior a las fórmulas de fertilizantes químicos. Para hortalizas se recomienda hacer una sola aplicación de 4 libras por metro cuadrado (18.14 ton/ha), 15 días antes de la siembra o el trasplante (FAO 2011).

2.5.2 Lombriabono.

La lombricultura consiste en la cría intensiva de lombrices de tierra, en altas densidades (40,000 lombrices/m²), con sustratos biodegradables sanitariamente limpios, que permite obtener una sustancia oscura inodora de excelente calidad biológica, física y química denominada humus de lombriz (García 2005).

El abono orgánico o excreta de lombriz (lombricomposta o humus) es un abono 100% natural que se obtiene de la transformación de residuos orgánicos compostados por medio de la lombriz, para ser utilizado como abono orgánico en suelos degradados. La composición y calidad de la lombricomposta está en función del valor nutritivo de los desechos que consume la lombriz, por lo tanto, un manejo adecuado de los desechos para formular una mezcla bien balanceada producirá una lombricomposta de excelente calidad. Mientras más variado sea el origen de la composta, mayor valor nutritivo tendrá (García 2012).

2.5.3 Insecticidas biorracionales

Los insecticidas biorracionales son sustancias que se derivan de microorganismos, plantas o minerales. También, pueden ser sustancias sintéticas similares o idénticas a otras que se encuentran en la naturaleza. Estos insecticidas se caracterizan por tener una toxicidad muy baja para los humanos y otros vertebrados, descomponerse en pocas horas después de aplicados o ser específicos para plagas que se desea controlar. Por estas razones son considerados ambientalmente benignos, su efecto en la vida silvestre y el medio ambiente es menos perjudicial que el de los insecticidas convencionales (O’Farrill-Nieves 2003).

2.5.4 Insecticidas de extractos botánicos.

Son preparados que se obtienen a partir de procesos de maceración, decocción, infusión, extrusión, arrastre de vapor, uso de solventes o fermentación de hojas, flores, frutos, bulbos, raíces y cortezas de plantas a fin de obtener sus principios activos y así estos actúen en la lucha contra las plagas (O’Farrill-Nieves 2003).

Este tipo de insecticidas son de gran interés para muchas personas, por tratarse de insecticidas naturales, los cuales son derivados de plantas y actúan como productos tóxicos para los insectos. Históricamente, los materiales vegetales han sido usados durante más tiempo que cualquier otro grupo, con la posible excepción del azufre (Ware y Whitacre 2004).

2.5.4.1 Extractos de Nim (*Azadirachta indica*).

La Azadiractina tiene un efecto insecticida sobre estados inmaduros (larvas, ninfas y pupas) de algunos insectos plaga (lepidópteros, afidos, mosca blanca y ácaros) actuando en el sistema de muda, específicamente sobre la hormona juvenil o ecdisona. La mortalidad por ingestión ocurre entre 3 y 5 días después pero antes de este tiempo se

detiene el proceso de alimentación y por tanto, cesa el daño al cultivo. Su uso no tiene restricciones (Molina 2013).

2.5.4.2 Extractos del genero *Piper*.

Las principales características de la familia Piperaceae son las de ser arbustos y trepadoras leñosas de hojas alternas, simples, a menudo con glándulas de aceites aromáticos, en ocasiones algo carnosas. Flores pequeñas, bisexuales o unisexuales, dispuestas en espádices o espigas opuestas a las hojas por lo general. Tienen 1-10 estambres y carecen de pétalos y sépalos. Fruto en baya carnosa indehiscente, con una sola semilla (Flores 2006).

2.5.4.3 Metabolitos secundarios aislados del género *Piper*.

Las especies del género *Piper* han sido ampliamente investigadas y los estudios fitoquímicos han conducido al aislamiento de una amplia variedad de metabolitos secundarios, destacando los alcaloides, lignanos, neolignanos, terpenoides, kavapironas, piperolidas, chalconas y dihidrochalconas, flavonas y flavanonas, los cuales presentan una amplia gama de actividades biológicas (Flores 2006).

2.5.5 Aceites.

Los aceites han sido utilizados desde hace siglos para controlar las plagas en cultivos y plantas ornamentales. Los aceites de origen vegetal o minerales son eficientes para controlar ácaros e insectos de cuerpo blando. Una de las dos teorías más aceptadas establece que los aceites congestionan los orificios (espiráculos) por donde entra el aire al cuerpo de los artrópodos y causan la muerte por sofocación. Otra teoría establece que los aceites actúan como repelentes, esto se puede deberse a que irritan el cuerpo de los artrópodos y a la formación de una barrera sobre la superficie del follaje (O'Farrill-Nieves 2003).

2.5.6 Control biológico.

Consiste en la utilización de organismos vivos (enemigos naturales) introducidos o manipulados, para mantener la población de otro organismo plaga bajo nivel de daño económico. Entre estos es ampliamente conocida la utilización de parasitoides y depredadores. Sin embargo, existe un área menos conocida de control biológico, denominada "control microbiológico de insectos", que se basa en la utilización de microorganismos, ya sea bacterias, virus y protozoarios, nematodos u hongos para reducir poblaciones de insectos plaga. Dentro de estos grupos destacan los hongos

entomopatogenos, capaces de infectar y provocar enfermedades en insectos causándoles finalmente la muerte, entre estos destacan los géneros de hongos *Beauveria* y *Metarhizium*, utilizados con mucho éxito en el control de plaga (Sepúlveda *et al.* 2012).

2.5.7 Mezclas.

Algunos insecticidas orgánicos simplemente alejan a los insectos; otros destruyen su proceso de reproducción. Por lo general, un insecticida orgánico no deja que los insectos dañinos y plagas se establezcan en los cultivos; por otra parte, también es posible fortalecer las plantas al estimular procesos vitales que las protegen contra esos ataques. Existen diversas mezclas para el combate de los insectos, como lo son, melaza, microorganismos, chile, ajo, entre otros, que buscan una alternativa al uso de insecticidas químicos (CATIE 2015).

2.6 Nutrición de las plantas y su influencia en la incidencia de plagas.

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 al alterando la susceptibilidad de algunas plantas hacia ciertos herbívoros. La resistencia de las plantas a los ataques de insectos varía con la edad o el estado de crecimiento de la planta, lo cual sugiere 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 (Nicholls 2010).

El ambiente nutrimental dado por el huésped es especialmente crítico para los parásitos obligados. La concentración y el tamaño de muchos virus son proporcionales al estado de crecimiento del huésped. Los excesos y deficiencias minerales reducen el crecimiento vegetativo y pueden reducir la concentración de virus en los tejidos, por lo tanto, los períodos más intensos para la síntesis de virus corresponden a la máxima deficiencia de proteínas en tejidos de las plantas, debido a que los virus se apropian de los nutrimentos preferenciales del huésped (Georgopoulos 1986).

2.7 Materiales y métodos.

2.8 Bioensayo de *Piper tuberculatum* sobre *Melanaphis sacchari*.

Este bioensayo se realizó con el objetivo de conocer el potencial insecticida del extracto de *Piper tuberculatum* previo al ensayo en campo.

2.8.1 Insectos utilizados en el bioensayo.

Los insectos provinieron de una cría artificial de *Melanaphis sacchari* mantenida en plantas de sorgo dentro del invernadero de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

2.8.2 Bioensayo.

2.8.2.1 Determinación de CL50.

La concentración letal 50 del extracto de *Piper tuberculatum* se determinó mediante un bioensayo sobre colonias de *Melanaphis sacchari* establecidas en plantas de sorgo de 15 días de siembra. Previamente se realizaron pruebas de dilución del extracto puro en el laboratorio, con el fin de encontrar la máxima concentración estable del producto. Se obtuvo una concentración madre de 1.5%, esto se realizó diluyendo 0.15 gramos de extracto puro en etanol más un emulsionante tween 80. Partiendo de la concentración madre se realizaron diluciones con agua destilada obteniendo las siguientes concentraciones: T1-0.9%, T2-0.36%, T3-0.144%, T4-0.0576%, T5-0.023% y T0-0%. Previo a la aplicación se realizó un conteo de los afidos. Las diferentes concentraciones del extracto fueron transferidas a depósitos plásticos con atomizadores, posteriormente se realizó la aspersion directa sobre las colonias de afidos en las plantas procurando una cobertura completa. El recuento de afidos sobrevivientes se llevó a cabo 24 horas después de la aspersion de los tratamientos. La concentración letal 50 fue determinada mediante un modelo de dosis respuesta, con una función Log-logística de cuatro parámetros utilizando la función *drm* del paquete *drc* (Ritz et al. 2015) en el programa R (R 2017).

2.9 Descripción del Estudio.

El experimento se desarrolló en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luís 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).

2.9.1 Metodología de campo

2.9.1.1 Preparación de plantines

Se elaboró un sustrato a base de arena, suelo y materia orgánica con una proporción de 4:2:1 respectivamente. El sustrato se desinfectó con ácido peracético a una concentración de 300 ppm. Se utilizaron tubos de papel periódico que tuvieron la función de contener el pión de la planta, la variedad de pepino que se utilizó fue Tropicuke II (Figura A-1). Para la siembra se llenaron todos los tubos con el sustrato de manera uniforme, posteriormente se hizo un orificio de 5 mm de diámetro y 3 mm de profundidad, y se colocó una semilla la cual se cubrió con una capa fina de sustrato. Se prepararon 10 días antes del trasplante (CENTA 2003). (Figura A-2),

2.9.1.2 Establecimiento del cultivo

Se inició delimitando los 288 m² que se necesitaron para establecer el cultivo. En la preparación del suelo fue necesario un paso de arado y luego dos pasos de rastra para que el suelo quedara bien mullido posteriormente se levantaron camas de 0.30 x 0.30 m de altura. El sistema de riego utilizado fue por goteo, para lo cual se colocaron cintas de riego en todas las camas (Figura A-3). La colocación de los tutores se realizó antes del trasplante con el objetivo de no dañar las plántulas, se cortaron postes de 2.00 m los cuales fueron enterrados a una profundidad de 0.30 m, a un distanciamiento de 3 m entre poste. 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, a un distanciamiento de 1.35 m entre cama y 0.20 m entre planta (USAID 2007) (Figura A-4).

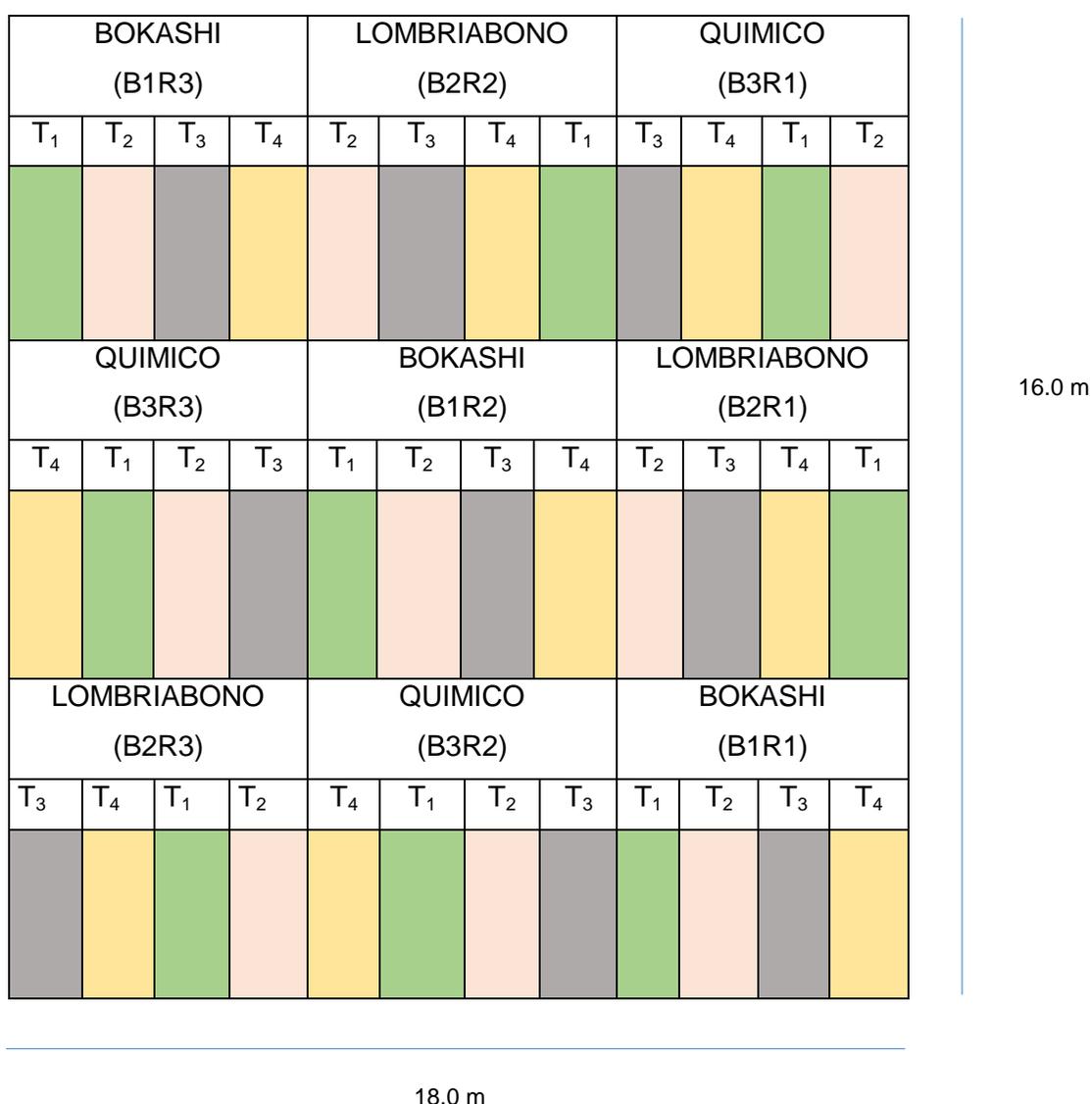
2.9.1.3 Manejo de malezas y enfermedades

Para el control de malezas se aplicó Glufosinato amonio (Basta® 14 SL) una semana antes de montar el ensayo, posteriormente se realizaron limpiezas semanales durante todo el ciclo del cultivo. Los siguientes fungicidas fueron utilizados de forma preventiva en la parcela: Extracto de cultivos de bacterias ácido lácticas y *Trichoderma* sp (Bioclean® SC), Piraclostrobim + Boscalid (Bellis® 38 WG), Extracto de *Melaleuca alternifolia* (Timorex® GOLD 22.3 EC), Hidróxido de cobre (Kocide® 35 WG), Extracto de *Reynoutria*

sacchalinensis (Regalia MAXX 20 SC), estos productos fueron aplicados dos veces por semana, según el programa de manejo preestablecido.

2.9.1.4 Diseño 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 m². La parcela grande, 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: T1= botánico; T2= químico; T3= m5; T4= microbiológico (Figura 1).



*Fuente: Elaboración propia.

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

2.9.2 Fertilizantes.

2.9.2.1 Bokashi.

El bokashi se obtuvo del agroservicio Villavar, elaborado a base de gallinaza, estiércol de vaca, granza, pulimento de arroz, ceniza, carbón, levadura, melaza y agua. Se hicieron dos aplicaciones, una de 1.81 kg/m² 15 días antes del trasplante y la segunda de 1.81 kg/m² a la floración (FAO 2011).

2.9.2.2 Lombriabono.

El lombriabono se obtuvo de la Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador, está elaborado a través de la alimentación de la lombriz roja californiana con estiércol de bovino, el cual lo transforma a través de su ingesta en humus (García 2005).

La dosis que se utilizó fue de 0.12 kg por planta al trasplante, 0.12 kg por planta al inicio de la fase vegetativa, 0.08 kg al inicio de la fase de floración y 0.08 kg en la fase de fructificación.

2.9.2.3 Químico.

El fertilizante químico que se utilizó fue la fórmula 15-15-15, las dosis que se utilizaron fueron de 0.006 kg por planta al trasplante, 0.006 kg por planta al inicio de la fase vegetativa, 0.006 kg al inicio de la fase de floración y 0.006 kg en la fase de fructificación.

2.9.3 Insecticidas.

2.9.3.1 Extracto botánico.

Proceso de extracción

El extracto de *Piper tuberculatum* fue elaborado a partir de hojas a través del uso de Diclorometano y rotaevaporador. Este proceso fue realizado en el Laboratorio de Investigación en Productos Naturales de la Facultad de Química y Farmacia. El extracto de *Piper tuberculatum* fue elaborado a partir de hojas que fueron molidas con Diclorometano siguiendo la metodología propuesta por (Scott *et al.* 2002) con modificaciones.

Se recolectó material vegetal (hojas) de *Piper tuberculatum*.

1. Se molió el material vegetal.
2. Se pesaron 231.27 g de muestra molida en un Erlenmeyer. (Figura A-5).

3. Se aplicaron 900 ml de Diclorometano (CH_2Cl_2) al Erlenmeyer que contiene la muestra molida.
4. El Erlenmeyer fue colocado en un baño ultrasónico durante 60 minutos
5. Se filtró la parte líquida del material y este fue colocado en otro Erlenmeyer limpio.
6. Se repetido el procedimiento anterior, con el fin de realizar una segunda extracción al material vegetal. (Figura A-6).
7. Los filtrados fueron mezclados y se colocaron en un balón de 500 ml
8. El balón con el filtrado fueron colocados en un rotaevaporador hasta que la muestra se volviera viscosa. (Figura A-7).
9. El material fue trasladado a un bisel, por medio de una pipeta y se dejó reposar en una cámara de extracción de gases hasta que la muestra quedara pastosa.
10. Finalmente, se obtuvo un rendimiento de 7 g de extracto seco (Figura A-8).

Preparación de producto concentrado:

Se realizaron pruebas de dilución del extracto a diferentes concentraciones, siendo 1.5% la concentración estable más alta. Sin embargo, por limitación del solvente (Diclorometano), se trabajó con una concentración del 1%, ya que requería una menor cantidad de material

Para la preparación de la solución madre:

1. Se pesaron 7 gramos del extracto puro en una balanza analítica y se colocó en un beaker.
2. Se agregaron 490 ml de etanol al 70% y 350 gotas de tween 80 para la dilución del extracto.
3. El extracto fue sonificado y se agregaron 142.1 ml de etanol al 90% para terminar de diluir la solución.
4. Después de que se disolvió todo el material, se dividió en dos partes para poder ser aforados en balones de 500 y 200 ml de capacidad.
5. Las dos soluciones se transfirieron a un recipiente ámbar para dar paso a obtener la solución madre

2.9.3.2 M5

El insecticida repelente orgánico, fue elaborado a base de: ajo, cebolla morada, chile picante, jengibre, vinagre, melaza, MM líquido (microorganismos de montaña), alcohol y

agua limpia. Se recomienda una dosis de 750 cc por bomba de 16 litros, con una frecuencia de aplicación de 1 vez por semana:

1. Se molió 0.5 kg de ajo, 0.5 kg de cebolla morada, 0.5 kg chile picante y 0.75 kg de jengibre.
2. Se coló todo el material en un depósito hermético y se mezcló homogéneamente.
3. Posteriormente a la mezcla se le agrego 0.75 lt de vinagre, 0.75 lt de melaza, 0.75 lt de alcohol, 1.5 lt de microorganismos de montaña y 5 lt de agua.
4. Se dejó reposar por 15 días antes de poder ser utilizado (Morán 2011).

2.9.3.3 Microbiológico.

Los hongos que se utilizaron fueron *Beauveria bassiana* (3.0×10^{11} conidios/kg) y *Metharizum anisopliae* (5.0×10^{12} conidios/kg), los cuales se compraron a la empresa SALVAGRO de S.A. de C.V.

2.9.3.4 Químico.

Los productos químicos que se utilizaron fueron Piretroide Lambda cyhalotrina (Karate ZEON® 2.5 CS), Cloronicotinilo Imidacloprid (Confidor® 70 WG) y Spinetoram (Winner® 6 SC). La decisión de aplicación se evaluó a partir de cada muestreo semanal.

2.9.4 Toma de datos.

Se identificaron 10 plantas por tratamiento, el muestreo se realizó minuciosamente en algunos casos con ayuda de lupas, 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. Para el caso de mosca blanca y trips se utilizaron 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. (Lastres et al. 2007).

2.9.4.1 Frecuencia de muestreo.

El muestreo se inició a partir de la semana uno después del trasplante hasta la semana 12, este fue realizado de 6:00 am a 9:00 am, con una frecuencia de 2 veces por semana.

2.9.5 Modelo estadístico.

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \gamma_k + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk};$$

Donde:

y_{ijk} : efecto (variable de respuesta) en el i -ésimo bloque (factor A) de la j -ésima parcela completa (factor B) y k -ésima subparcela (factor C). A partir del modelo completo se fueron reduciendo los factores a través de un ajuste de medias, seleccionando el modelo más sencillo que mejor explicara los datos observados, es por ello que, algunos datos no presentan su valor estadístico.

μ : efecto medio verdadero de la variable de respuesta.

τ_i , β_j y $(\tau\beta)_{ij}$: representan la parcela completa (los tres tipos de fertilización: Bokashi, Lombriabono y Químico) y corresponden, respectivamente, a los bloques (factor A), los tratamientos principales (factor B) y el error de la parcela completa (AB).

γ_k , $(\tau\gamma)_{ik}$, $(\beta\gamma)_{jk}$ y $(\tau\beta\gamma)_{ijk}$: representan a la subparcela (los cuatro tipos de insecticidas: Extracto botánico, M5, Microbiano y Químico) y corresponden, respectivamente, al tratamiento de la subparcela (factor C), a las interacciones AC y BC, y el error de la subparcela (de la Horra s.f.).

2.9.6 Análisis de datos.

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 Devianzas fue obtenida mediante la función *Anova* del paquete car (Fox y Weisberg 2011). La estimación de medias marginales de los tratamientos y las pruebas de 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).

2.9.7 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) (Cuadro 1).

Cuadro 1: Índice de costo efectividad.

Tratamientos (insecticidas)	% de Efectividad	Costo variable (\$)	Índice costo/efectividad
Químico	(efectividad * 100)	Costo de la dosis utilizada para una manzana	Costo variable / % de efectividad
M5			
Microbiológico			

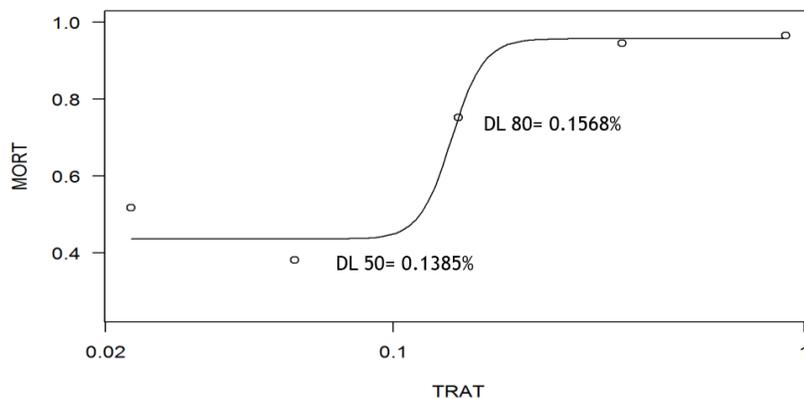
*Fuente: tomado de CIMMYT 1988.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1 Bioensayo de extracto de *Piper tuberculatum*.

3.2 Comportamiento del extracto de *Piper tuberculatum* sobre *Melanaphis sacchari*.

Se optó por buscar la concentración de extracto estable más alta, siendo esta 1.5% y se realizó un bioensayo partiendo de esta concentración. Se utilizó un modelo de dosis respuesta, se hizo una regresión en el cual se jugó con un porcentaje de concentración y se contó el % de mortalidad dando como resultado la CL 50 con un valor de concentración estimada de 0.1385% ES= 0.0366%, para la CL 80 el valor de la concentración estimada fue de 0.1568% ES=0.0896%. Se consideró una concentración menor a las establecidas por las dosis letales, tomando en cuenta que al realizar pruebas de fitotoxicidad se concluyó que dichas concentraciones representaban un peligro para la planta (Figura A-9). Sin embargo, la concentración del extracto se tuvo que reducir hasta 1%, ya que no se contaba con una gran cantidad de solvente (Diclorometano) ni material vegetal. Se calculó que solo era posible elaborar 700 ml de solución madre, para lo cual fueron necesarios 7 gramos de extracto puro. Para las aplicaciones en campo, la dosis por litro de solución madre a utilizar se calculó posterior a la producción de esta, ya que era la cantidad más alta de producto que se podía preparar por la limitante del solvente (Diclorometano). Se obtuvo una dosis de 17.5 ml/ lt. Sin embargo, después de la primera aplicación en campo se observó fitotoxicidad específicamente en brotes y en los márgenes de las hojas presentando un arrugamiento y quemaduras, por lo que se optó reducir la dosis a la mitad, lo que equivale a 8.75 ml/lt (Figura 2).



*Fuente: elaboración propia

Figura 2. Dosis letal media de extracto de *Piper tuberculatum* sobre *Melanaphis sacchari*.

3.3 Distribución espacial y temporal de trips.

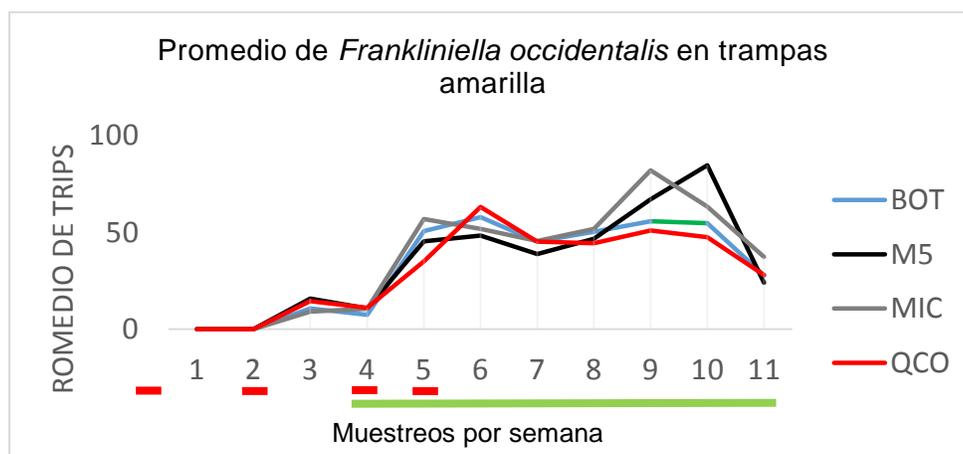
Se observó que la distribución de trips durante las primeras semanas se focalizó en los márgenes del cultivo. Sin embargo, durante las semanas 6 y 11 se observó un desplazamiento hacia el interior de la parcela (Figura A-10).

3.4 Distribución espacial y temporal de mosca blanca.

La distribución de mosca blanca tuvo un mayor desplazamiento dentro de la parcela, sin embargo, sus poblaciones fueron menores en comparación a las de trips (Figura A-11).

3.4.1 Distribución de trips en trampas amarillas.

El número de capturas de trips en trampas amarillas no se vio afectado por el tipo de fertilizante utilizado. No se observó ninguna relación entre la aplicación de m5 y el insecticida microbiológico y la distribución de capturas. Los insecticidas botánico y químico reflejaron una reducción de trips capturados en trampas entre las semanas 8 y 11, esto quiere decir que las aplicaciones en campo tuvieron un efecto ya sea repelente o nocivo en las poblaciones de trips. Si bien es cierto que los insecticidas botánico y químico tuvieron un comportamiento similar en cuanto a reducción de trips, el número de aplicaciones es muy diferente teniendo menor número de aplicaciones en el programa químico. (Figura 3).

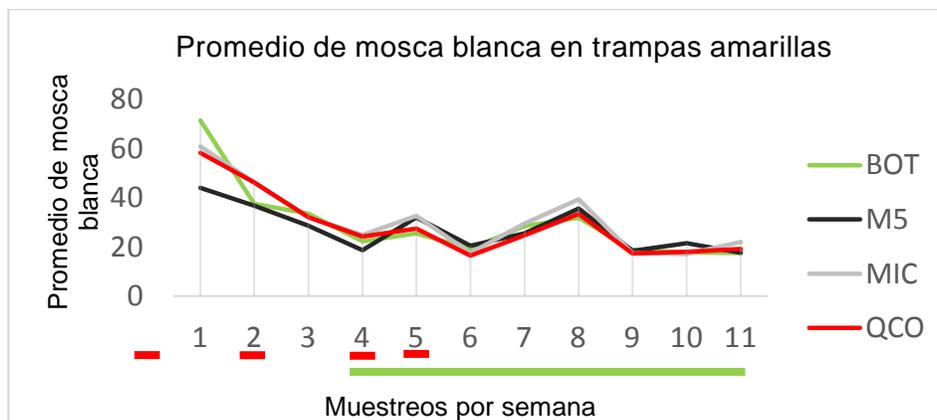


*Las barras representan las semanas en las cuales se realizaron las aplicaciones de los insecticidas químico y botánico.

Figura 3. Distribución en el tiempo de trips en trampas amarillas.

3.4.2 Distribución de mosca blanca en trampas amarillas.

El número de capturas en trampas amarillas no se vio afectada por el tipo de fertilizante aplicado. El comportamiento de mosca blanca en trampas fue muy similar en los diferentes insecticidas (botánico, M5, microbiológico y químico). Esto quiere decir que las aplicaciones en campo pudieron influir en el control de las poblaciones, manteniendo nivel bajos promedios de 20 a 30 insectos por trampa. (Figura 4).

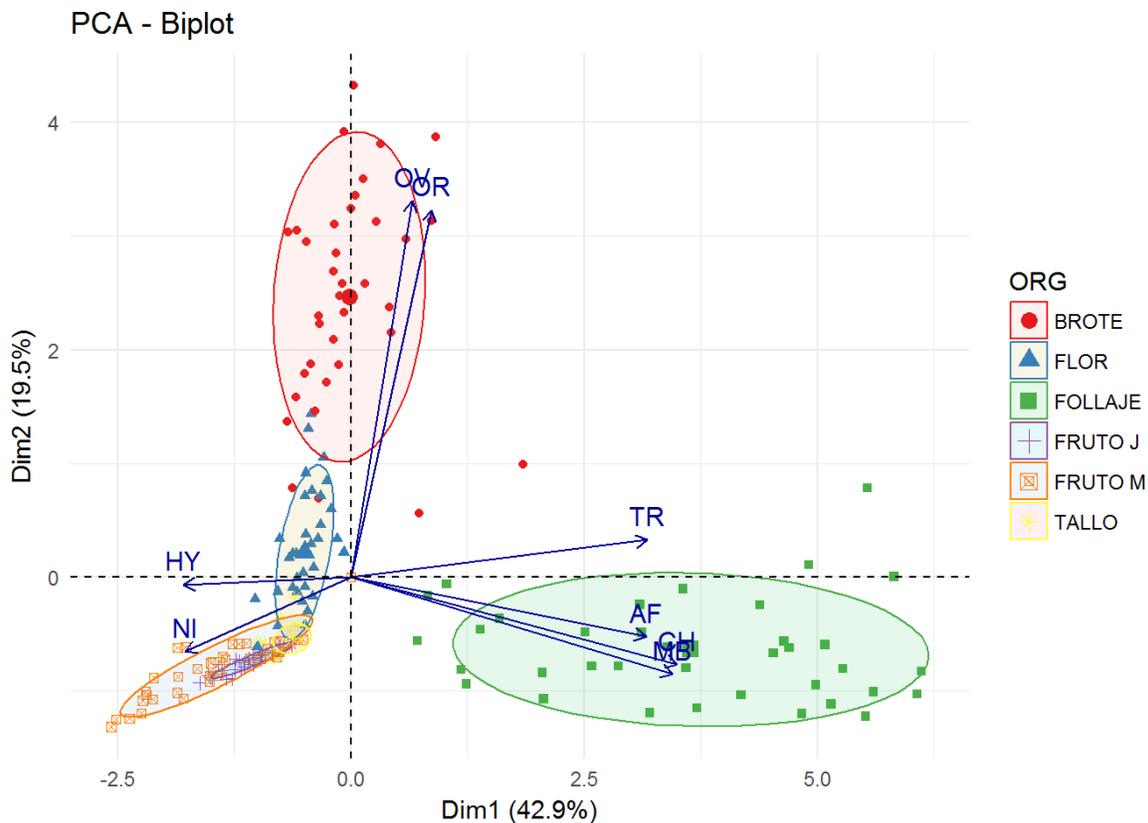


* Las barras representan las semanas en las cuales se realizaron las aplicaciones de los insecticidas químico y botánico.

Figura 4. Distribución en el tiempo de mosca blanca en trampas amarillas.

3.5 Distribución de los insectos asociados por órgano de la planta.

La dimensión 1 presenta el 42.9% de la variación de los datos, observándose una separación entre los insectos asociados a los órganos vegetativos y los insectos asociados reproductivos. *Frankliniella occidentalis*, Afidos y *Polymerus* sp. están más asociados a hojas desarrolladas, mientras que *D. hyalinata* y *D. nitidalis* se encuentran en flores y frutos. Por otra parte, la dimensión 2 presenta el 19.5% de la variación de los datos y se observa una preferencia de *Orius* sp. en los brotes, además de encontrarse oviposturas de *Diaphania*. (Figura 5).



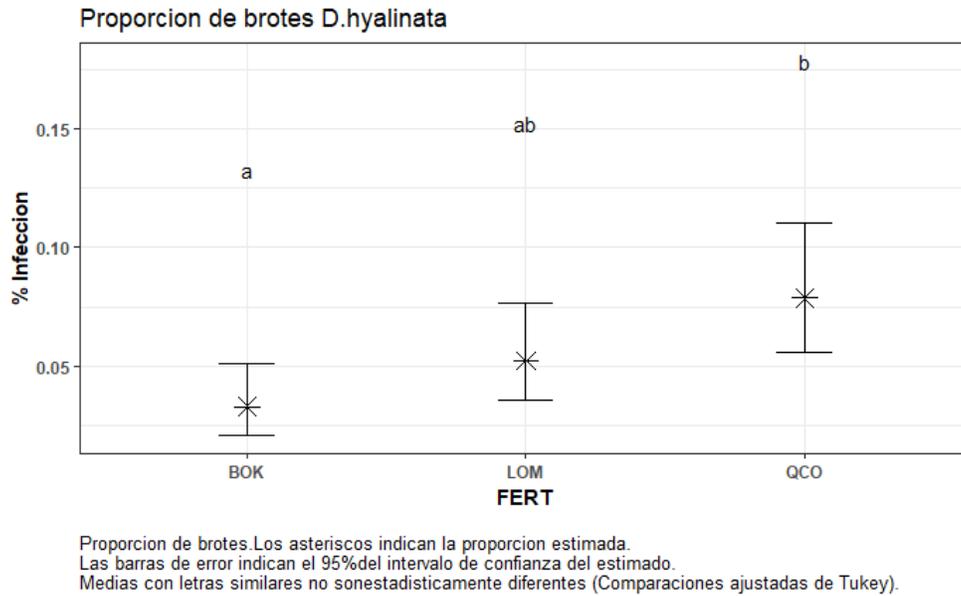
* OV: Oviposturas, OR: *Orius sp.* HY: *D. hyalinata*, NY: *D. nitidalis*, TR: Trips, AF: Afidos, CH: chinche, MB: Mosca Blanca

Figura 5. Esquema de componentes principales, insectos asociados a órganos.

3.6 Efecto del tipo de fertilización en la incidencia de insectos asociados.

3.6.1 Brotes.

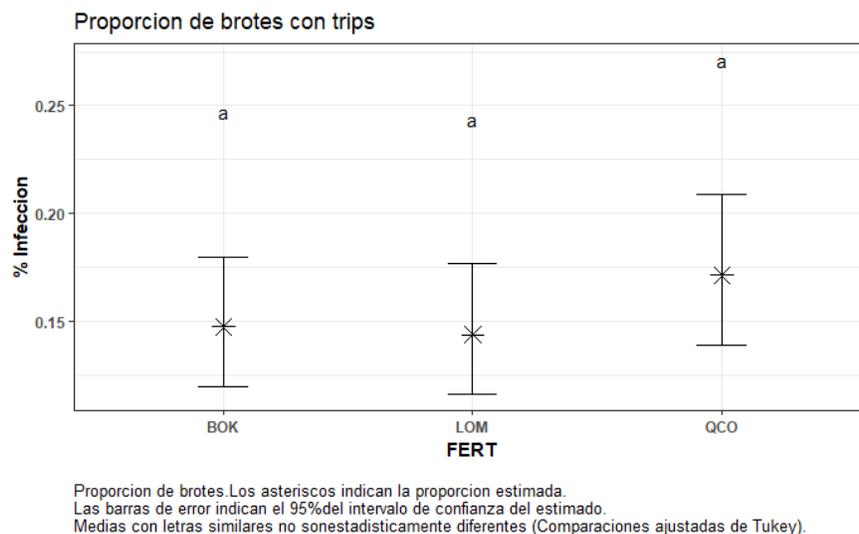
La fertilización presentó un efecto sobre la incidencia de *D. hyalinata* (χ^2 gl (2) = 13.86, $P = 0.0009$), trips (χ^2 gl (2) = 7.919, $P = 0.0190$) y en brotes con una incidencia de más de 5 trips (χ^2 gl (2) = 48.227, $P = 3.371e-11$) respectivamente (Figura A-12). Sin embargo, esto no se observó en *D. nitidalis* (χ^2 gl (2) = 4.883, $P = 0.087$), Oviposturas (χ^2 gl (2) = 3.156, $P = 0.206$) y *Orius sp* (χ^2 gl (3) = 25.661 $P = 1.123e-05$). La menor proporción de brotes con presencia de *D. hyalinata* fue el bokashi (3.28% ES = 0.61%) con respecto al lombriabono (5.22% ES = 0.84%) y al químico (7.86% ES = 1.12) (Figura 6).



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

Figura 6. Proporción de brotes con *Diaphania hyalinata*.

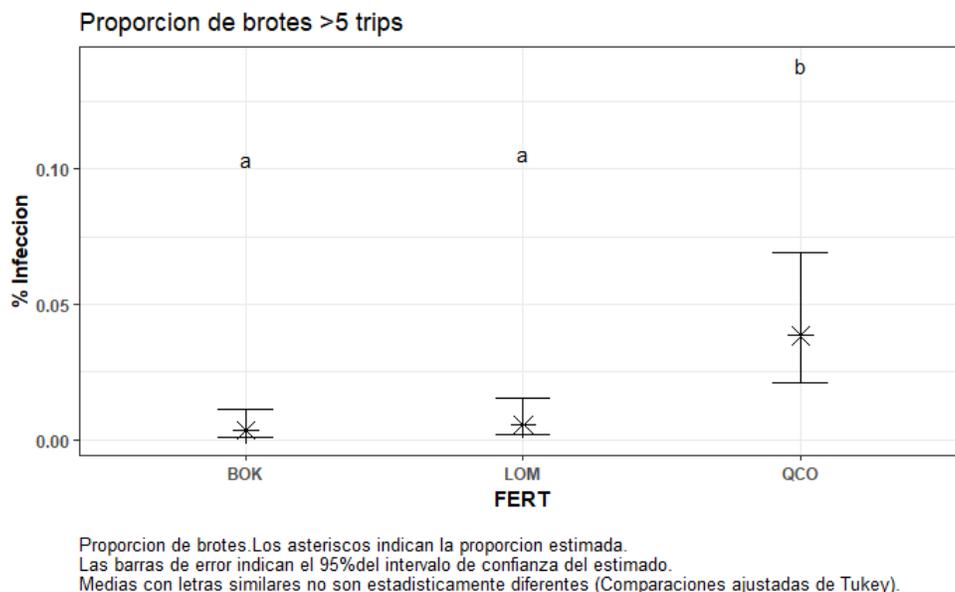
En el caso de trips el que tuvo la menor proporción de plantas con incidencia fue el lombriabono (14.38% ES =1.25%) con respecto al bokashi (14.74% ES = 1.25%) y químico (17.13% ES =1.45) (Figura 7).



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

Figura 7. Proporción de brotes con trips.

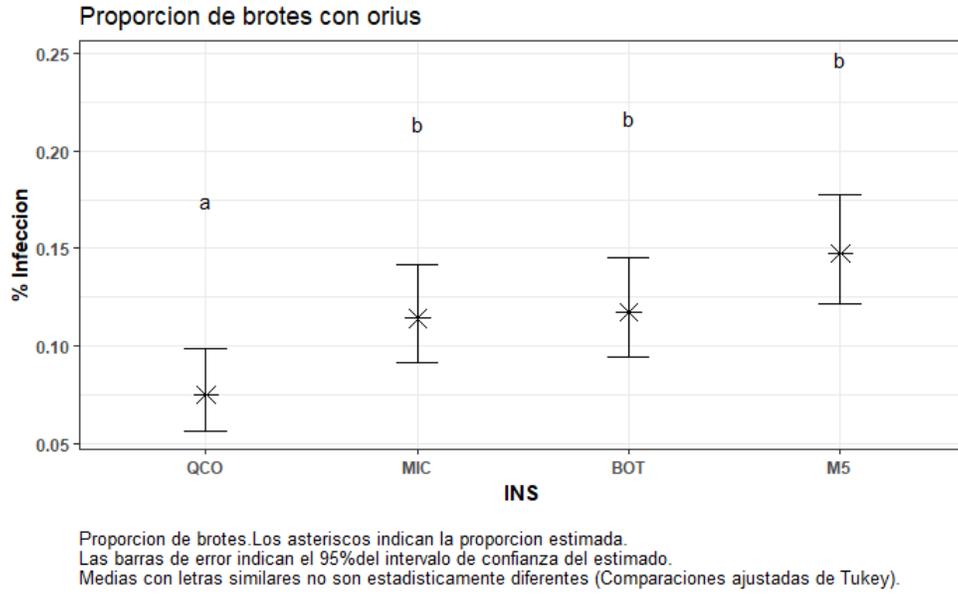
En el caso de la incidencia de más de 5 trips en brotes el que tuvo la menor proporción de brotes afectados fue bokashi (0.35% SE=0.17%) con respecto a lombriabono (0.56% SE = 0.23%) y químico (3.8% ES = 0.96%) (Figura 8).



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

Figura 8. Proporción de brotes con más de 5 trips.

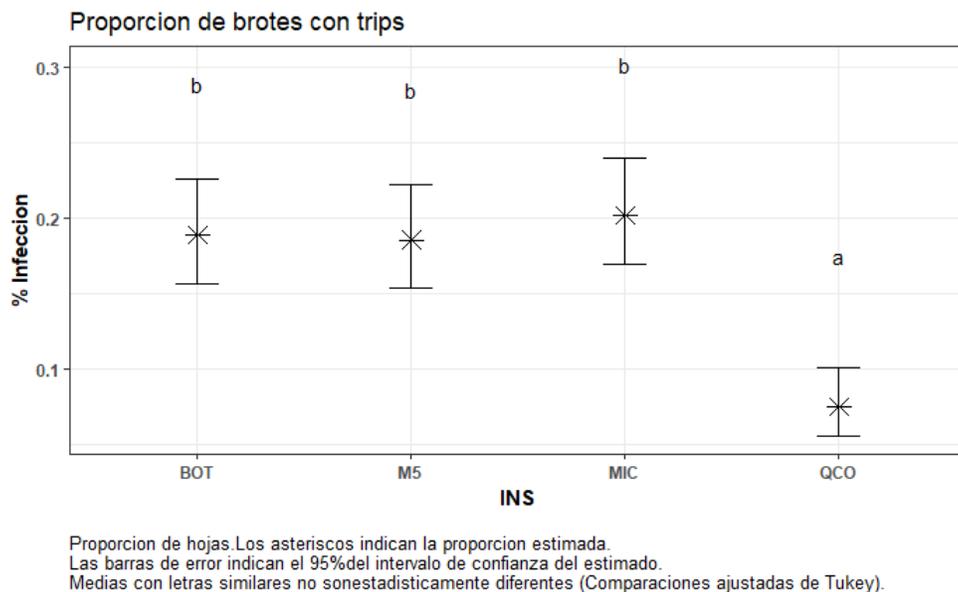
Los insecticidas presentaron un efecto en la incidencia de *Orius* sp (X^2 gl (3) = 25.661, $P=1.123e-05$) y trips (X^2 gl (3) = 59.8689, $P=6.27e-13$) en brotes, sin embargo esto no se observó en *D. nitidalis* (X^2 gl (3) = 7.723, $P=0.052$), Oviposturas (x^2 gl (3) = 2.351, $P = 0.502$) y trips>5 (χ^2 gl (3) = 1.173, $P = 0.759$). El insecticida que tuvo la menor proporción de brotes con *Orius* sp fue el químico (7.74% ES = 0.83%) mientras que el insecticida botánico (11.17% ES = 1.02%) y las parcelas con insecticida M5 (14.75% ES = 1.12%) fueron las que presentaron una mayor proporción de brotes con *Orius* (Figura 9).



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

Figura 9. Proporción de brotes con *Orius sp.*

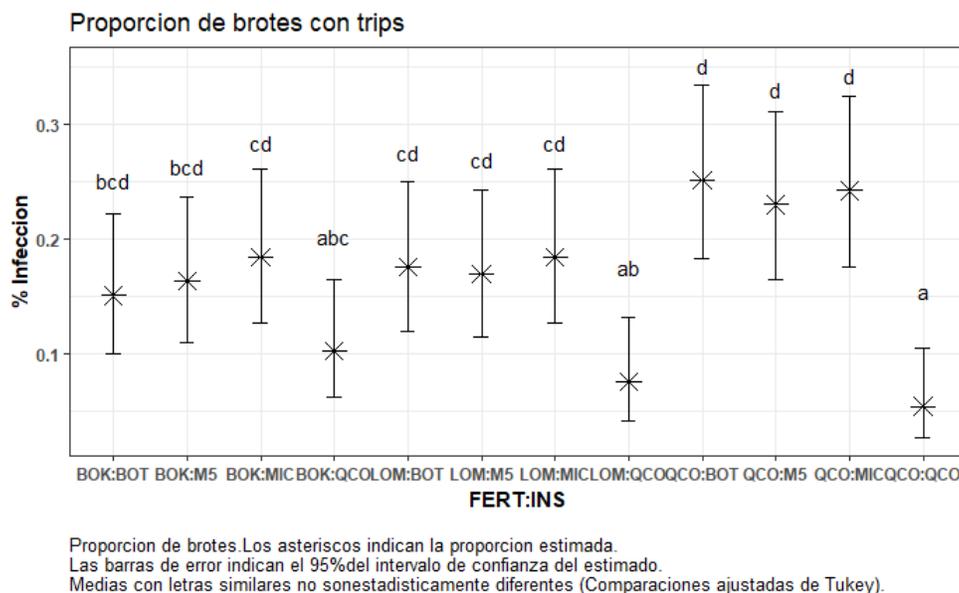
En el caso de trips el que tuvo la menor proporción fue el programa químico (7.51% ES = 0.88%) con respecto a las parcelas tratadas con botánico (18.88% ES = 1.38%) m5 (18.56% ES = 1.36%) y microbiológico (20.22% ES = 1.41%) (Figura 10).



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

Figura 10. Proporción de brotes con trips.

La interacción de insecticida con fertilizante tuvo efecto solo en la proporción de brotes con trips (χ^2 gl (6) = 13.982, P = 0.0298). Las parcelas tratadas con fertilizante químico e insecticida químico presentaron la menor proporción de brotes con trips (5.42% ES = 1.28%) con respecto a las tratadas con fertilizante e insecticida Lombriabono: Químico (7.58% ES = 1.51) y Bokashi: Químico (10.26% ES = 7.29%) (Figura 11).

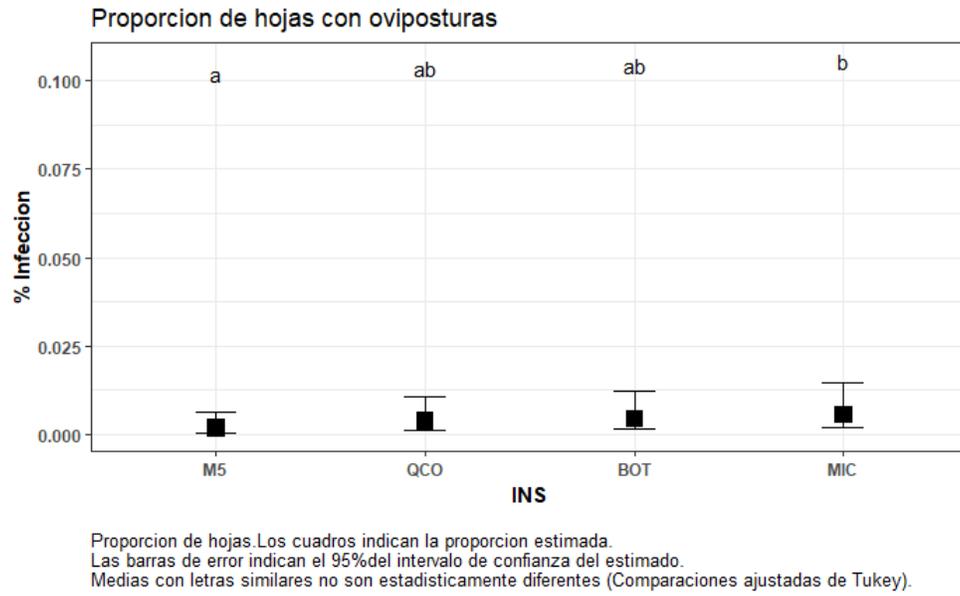


*Los datos en las gráficas fueron transformados de probabilidad a porcentaje.

Figura 11. Proporción de brotes con trips.

3.6.2 Follaje.

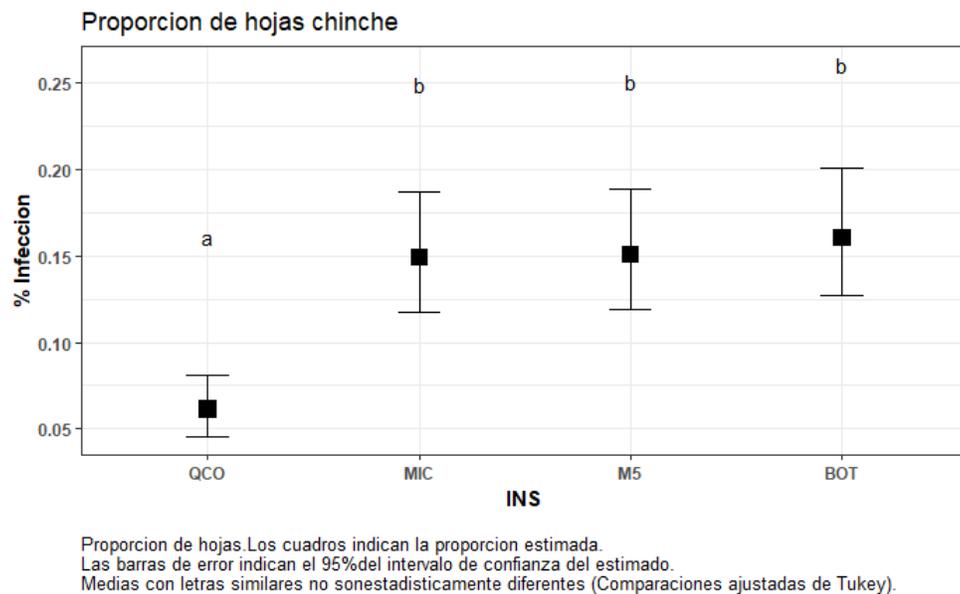
Los fertilizantes no presentaron ningún efecto sobre los insectos asociados con respecto a follaje, sin embargo los insecticidas si presentaron efectos sobre la proporción de hojas con oviposturas (χ^2 gl (3) = 7.92, P = 0.047), chinches (χ^2 gl (3) = 154.217, P = <2e-16), afidos (χ^2 gl (2) = 61.21, P = 3.234e-13), *Orius sp* (χ^2 gl (3) = 49.45, P = 9.94e-11) y en hojas con más de 5 trips (χ^2 gl (3) = 113.83, P = 2.2e-16). Sin embargo, esto no se observó en *D. nitidalis* (χ^2 gl (3) = 2.221, P = 0.527), *D. hyalinata* (χ^2 gl (3) = 3.987, P = 0.262) y mosca blanca (χ^2 gl (3) = 5.188, P = 0.159). Dentro de los insecticidas el que tuvo la menor proporción de hojas con oviposturas fue M5 (0.18% ES = 0.09%), seguido del químico (0.37% ES = 0.15%). El insecticida microbiológico (0.56% ES = 0.21%) y botánico (0.44% ES = 0.18%) presentaron la mayor proporción de hojas con oviposturas (Figura 12).



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

Figura 12. Proporción de hojas con Oviposturas.

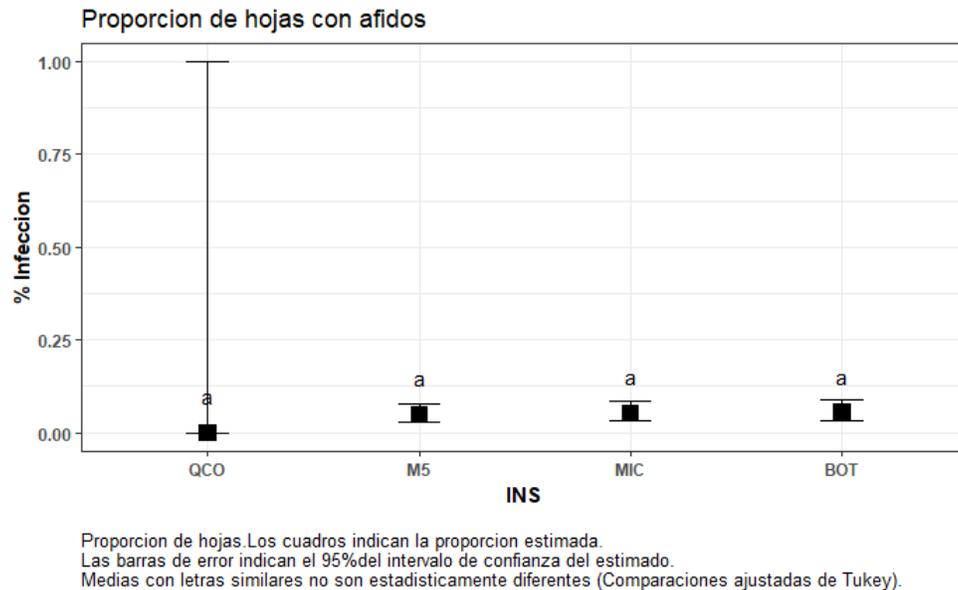
En el caso de chinches el que tuvo la menor proporción de hojas con chinches fue el químico (6.1% ES = 0.7%) con respecto a las tratadas con insecticida botánico (16.02% ES = 1.4%), M5 (15.02% ES = 1.38%) y microbiológico (14.89% ES = 1.38%) (Figura 13).



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

Figura 13. Proporción de hojas con chinches.

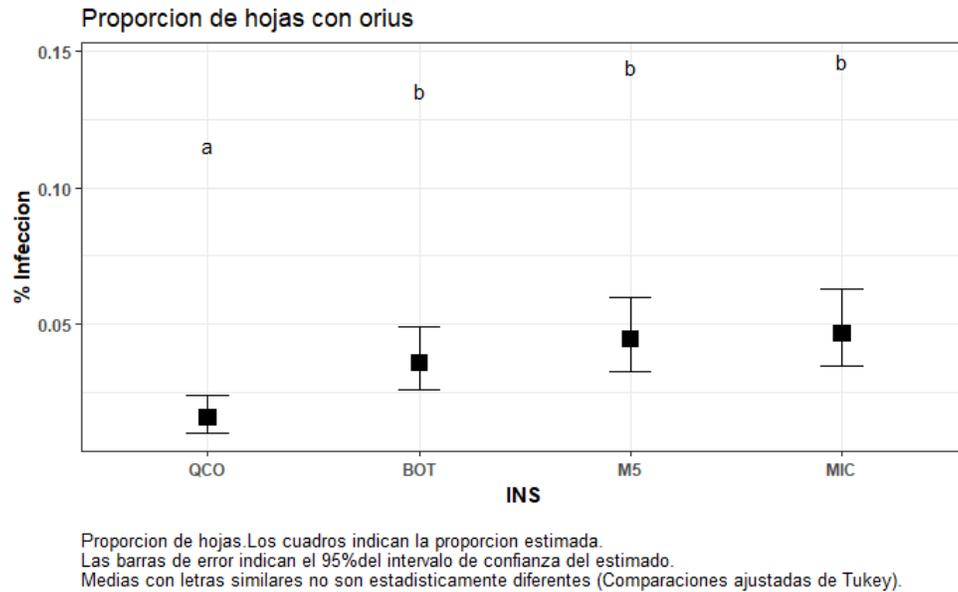
En el caso de afidos el que tuvo la menor proporción de hojas con este insecto fue el químico (0.001% SE = 0.11%) con respecto a los insecticidas M5 (4.86% ES=0.96%), microbiológico (5.20% ES = 1.02%) y botánico (5.47% ES = 1.06%) que presentaron una proporción más alta de hojas con afidos (Figura 14).



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

Figura 14. Proporción de hojas con Afidos.

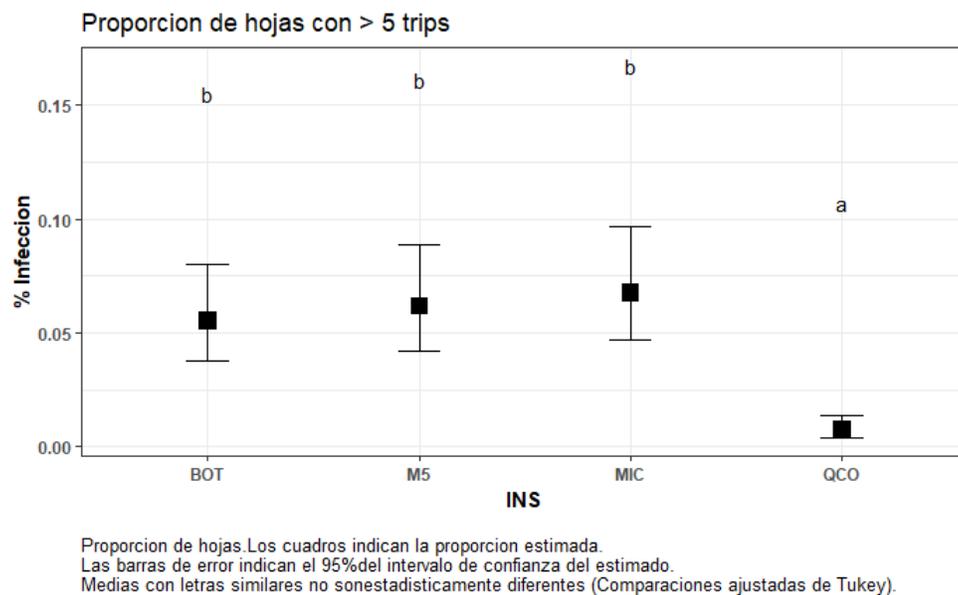
En el caso de Orius sp el que tuvo la menor proporción de hojas con la presencia de este insecto fue el insecticida químico (1.56% SE = 0.26%), seguido del botánico (3.58% SE = 0.46%), microbiológico (4.66% SE = 0.55%) y M5 (4.43% SE = 0.53%) que presentaron las mayores proporciones de hojas con presencia de Orius sp (Figura 15).



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

Figura 15. Proporción de hojas con *Orius sp.*

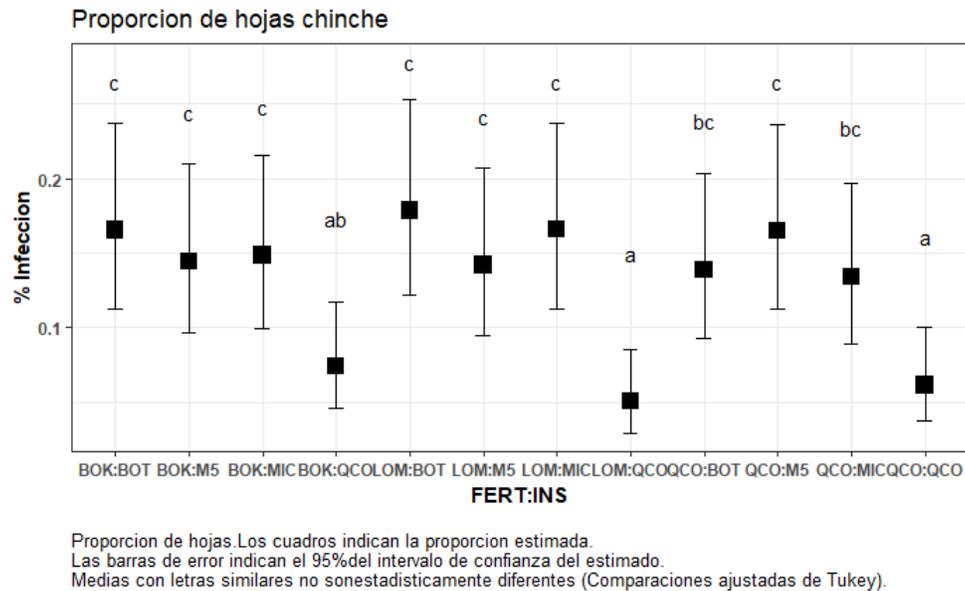
En las hojas con más de 5 trips el que presento la menor proporción fue el tratamiento con insecticida químico (0.74% ES = 0.18%), con respecto a las tratadas con botánico (5.26% ES = 0.83%), M5 (6.14% ES = 0.92%) y Microbiológico (6.75% ES = 0.99%) (Figura 16).



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

Figura 16. Proporción de hojas con más de 5 trips.

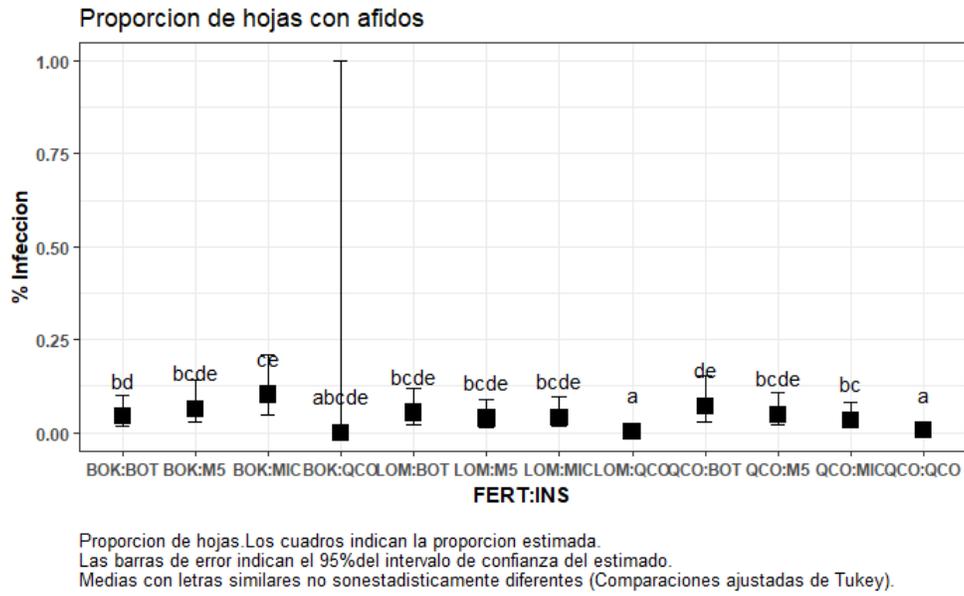
La interacción de insecticida con fertilizante tuvo efecto en la proporción de hojas con chinches del genero *Polymerus* sp (χ^2 gl (8) = 15.543, P = 0.04941), afidos (χ^2 gl (8) = 44.15, P = 5.327e-07) y en hojas con más de 5 trips (χ^2 gl (8) = 52.45, P = 1.376e-08) (Figura A-13). Las parcelas tratadas con fertilizante lombriabono e insecticida químico presentaron la menor proporción de hojas con *Polymerus* sp (5%, ES = 0.9%) con respecto a las tratadas con fertilizante químico e insecticida químico (6%, ES = 1%) y Bokashi con insecticida químico (7%, ES = 1%) (Figura 17).



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

Figura 17. Proporción de hojas con chinches.

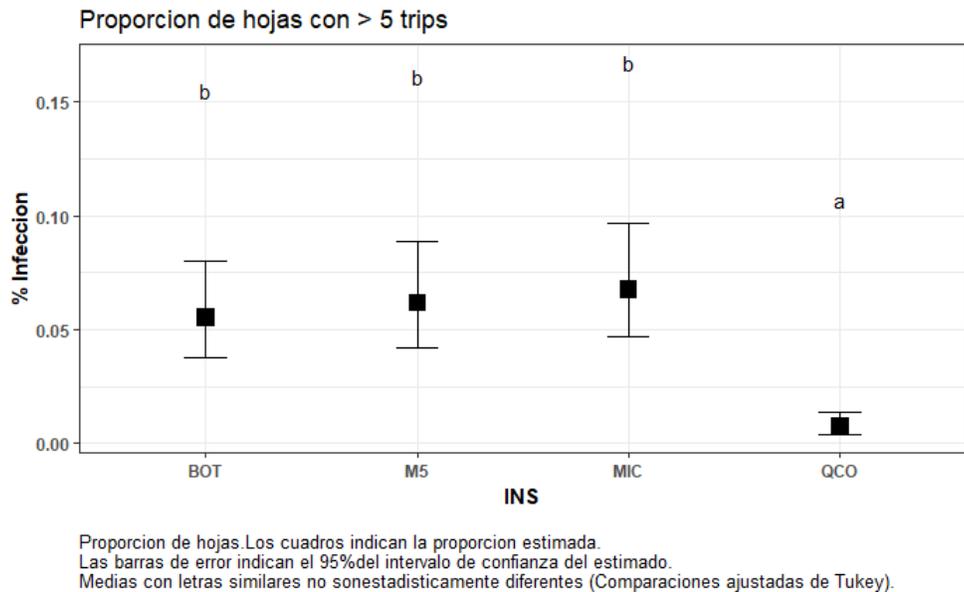
En el caso de afidos la interacción entre lombriabono e insecticida químico (0.000000006% ES = 0.20%) fue la que presentó la menor proporción de afidos en follaje. Las parcelas tratadas con bokashi e insecticida microbiológico (10.18%, ES = 2.70%) presentaron la mayor proporción de hojas con afidos (Figura 18).



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

Figura 18. Proporción de hojas con Afidos.

Las interacciones correspondientes a fertilizante e insecticidas químicos, fueron las que presentaron la menor proporción de hojas con más de 5 trips, es decir Químico: Químico (0.56% ES = 0.26%), lombriabono: Químico (0.64%, ES = 0.28%) y Bokashi: Químico (1.12%, ES = 0.42%) (Figura 19).

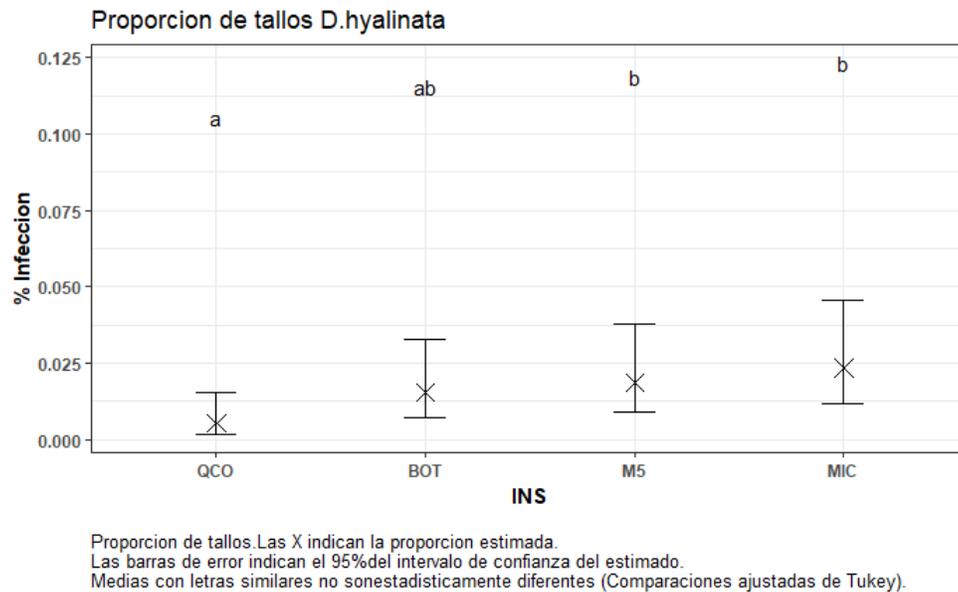


*Los datos en las gráficas fueron transformados de probabilidad a porcentaje.

Figura 19. Proporción de hojas con más de 5 trips.

3.6.3 Tallo.

El tipo fertilizante utilizado no afectó la proporción de tallos con *D. hyalinata* (χ^2 gl (2) = 3.0254, P = 0.2203). Sin embargo, el tipo de insecticida si tuvo influencia en la proporción de tallos con *D. hyalinata* (χ^2 gl (3) = 13.2104, P = 0.0042). Dentro de los insecticidas el que tuvo la menor proporción de brotes con *D. hyalinata* fue el químico (0.52%, ES = 0.22%) con respecto a las tratadas con botánico (1.53%, ES = 0.46%), m5 (1.85%, ES = 0.53%) y microbiológico (2.33%, ES = 0.63%) (Figura 20).

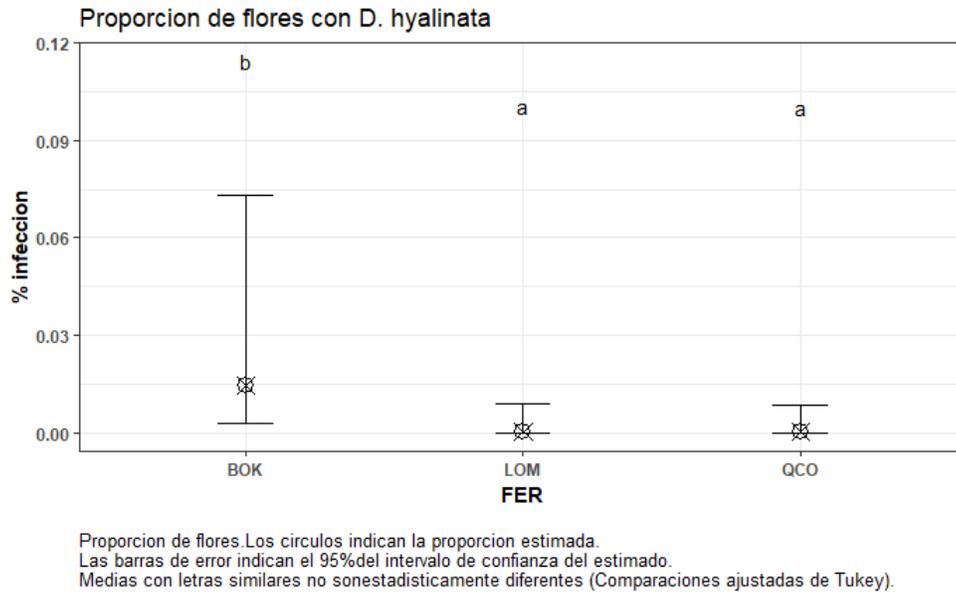


*Los datos en las gráficas fueron transformados de probabilidad a porcentaje.

Figura 20. Proporción de tallos con *Diaphania hyalinata*.

3.6.4 Flores.

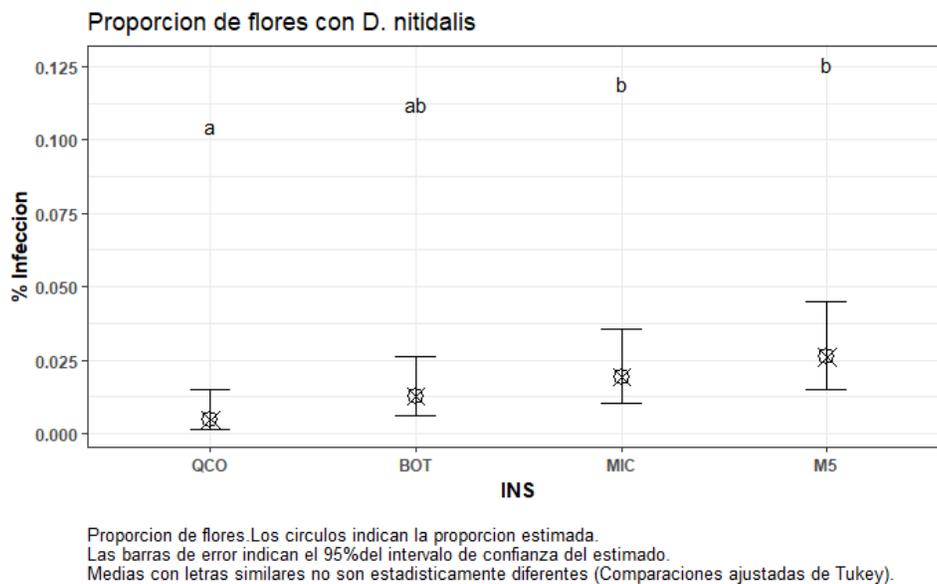
El tipo de fertilizante mostró un efecto sobre la proporción de flores con *D. hyalinata* (χ^2 gl (2) = 14.34, P = 0.00076). Dentro de los fertilizantes el que tuvo la menor proporción de flores con *D. hyalinata* fue el químico (0.039%, ES = 0.050%) con respecto al lombriabono (0.044%, ES = 0.055%) y bokashi (1.44%, ES = 1.00%) (Figura 21).



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

Figura 21. Proporción de flores con *Diaphania hyalinata*.

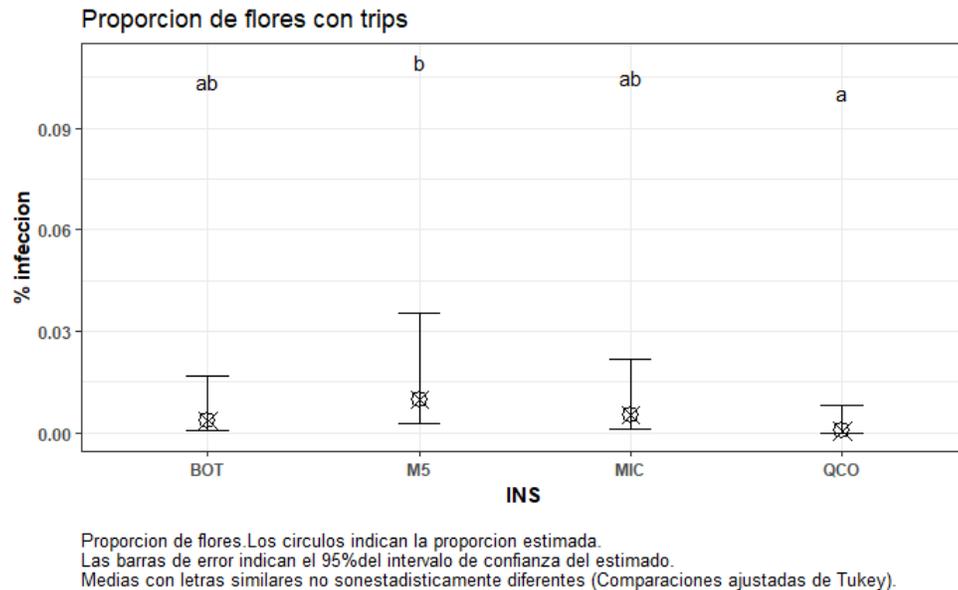
El tipo de insecticida utilizado afecto la proporción de flores con *D. nitidalis* (χ^2 gl (3) = 14.59, P = 0.002196), trips (χ^2 gl (3) = 11.755, P = 0.0082) y *Orius* sp (χ^2 gl (3) = 32.28, P = 4.561e-07). La menor proporción de flores con *D. nitidalis* fue el tratamiento con químico (0.047%, ES = 0.22%), seguido del insecticida botánico (1.24%, ES = 0.37%, M5 (2.59%, ES = 0.57%) y microbiológico (1.92%, ES = 0.48%) (Figura 22).



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

Figura 22. Proporción de flores con *Diaphania nitidalis*.

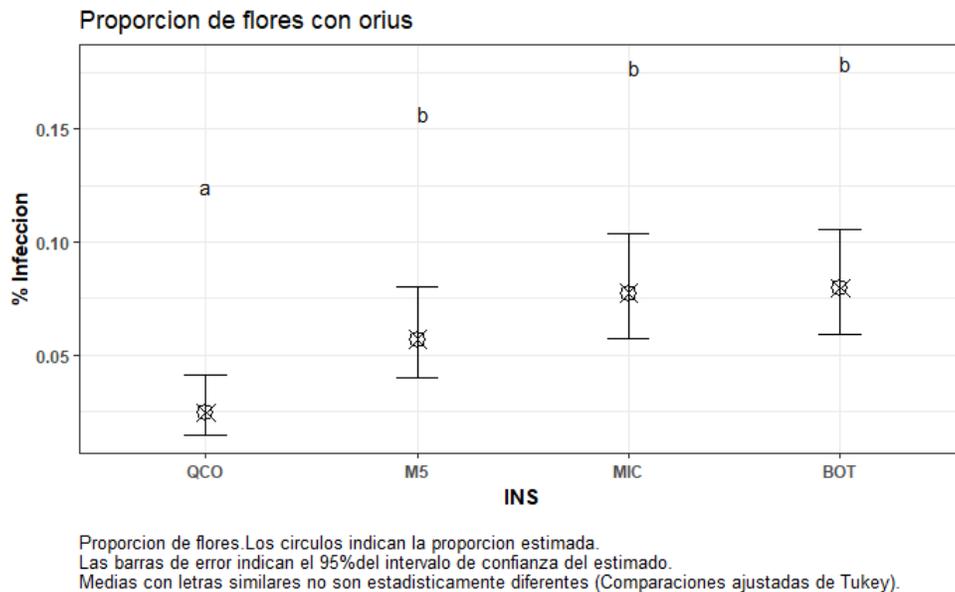
En el caso de trips la que presento la menor proporción de flores con este insecto fue el químico (0.052%, ES = 0.057%), con respecto a las tratadas con botánico (0.37%, ES = 0.22%), M5 (0.97%, ES = 0.51%) y microbiológico (0.53%, ES = 0.30%) (Figura 23).



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

Figura 23. Proporción de flores con trips.

En el caso de *Orius sp* (Figura A-14) la que presento la menor proporción de *Orius sp* en flores fue el programa químico (2.24%, ES = 0.51%), con respecto a los tratados con insecticida botánico (7.93%, SE = 0.92%), microbiológico (7.72%, SE = 0.91%) y M5 (5.67%, ES = 0.78%) (Figura 24)

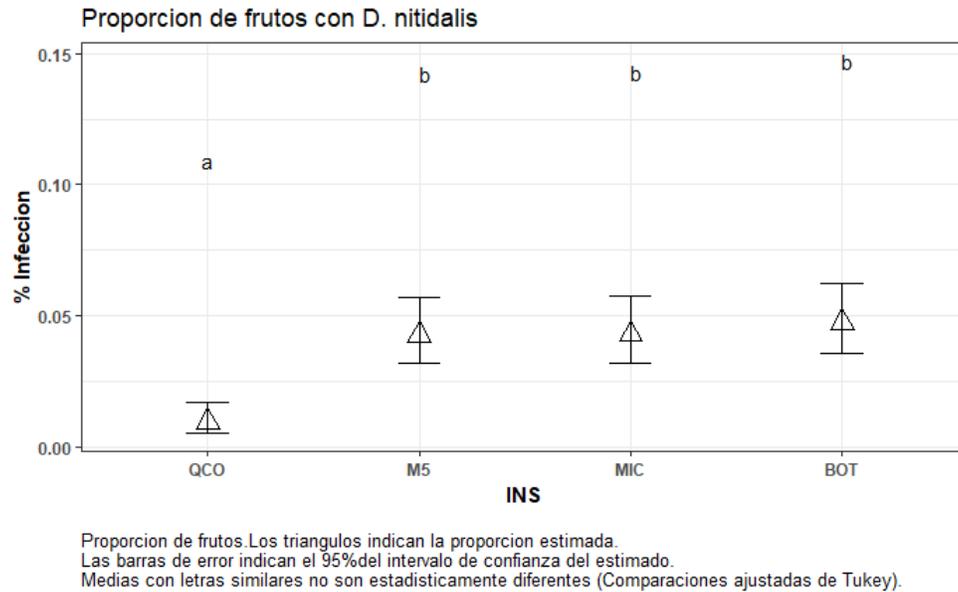


*Los datos en las gráficas fueron transformados de probabilidad a porcentaje.

Figura 24. Proporción de flores con *Orius sp.*

3.6.5 Frutos.

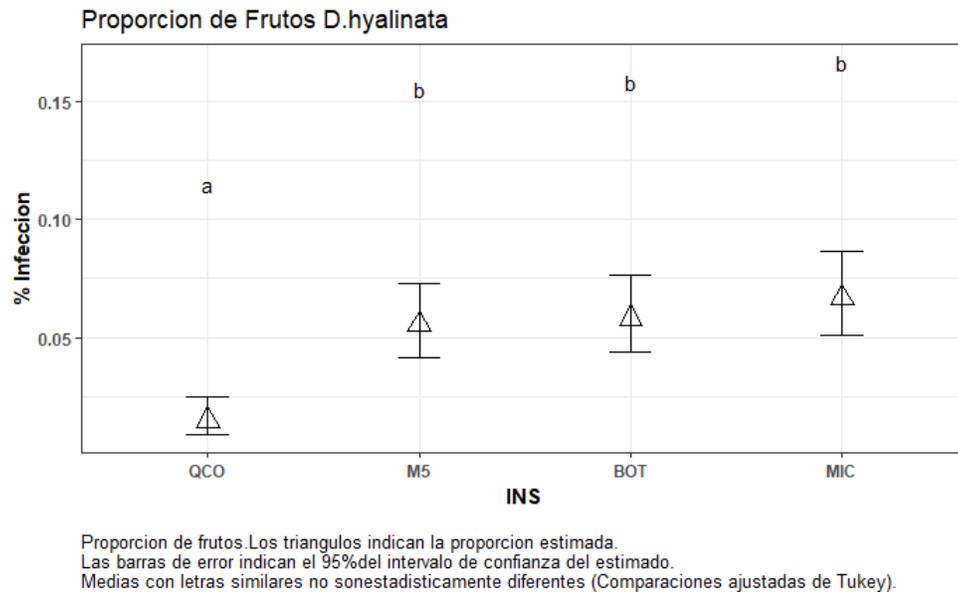
El tipo de fertilizante utilizado no afectó la proporción de frutos barrenados por *D. nitidalis*, ni por *D. hyalinata*, pero el tipo de insecticida utilizado afectó la proporción de frutos barrenados por *D. nitidalis* (χ^2 gl (3) = 44.37, $P = 1.254e-09$) y por *D. hyalinata* (χ^2 gl (3) = 52.083, $P = 2.875e-11$). La menor proporción de frutos con *D. nitidalis* la presentó el programa químico (0.94%, ES = 0.22%) con respecto a los insecticidas M5 (4.24%, ES = 0.49%), microbiológico (4.29%, ES = 0.51%) y microbiológico (4.73%, ES = 0.51%) que presentaron la mayor proporción de frutos afectados por *D. nitidalis* (Figura 25).



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

Figura 25. Proporción de frutos con *Diaphania nitidalis*.

En el caso de *D. hyalinata* la menor proporción de frutos dañados se presentó en las parcelas tratadas con químico (1.49%, ES = 0.29%) con respecto a las tratadas con botánico (5.81%, ES = 0.064%), m5 (5.53%, ES = 0.62%) y microbiológico (6.66%, ES = 0.70%) (Figura 26).



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

Figura 26. Proporción de frutos barrenados por *Diaphania hyalinata*.

3.7 Daños en frutos cosechados.

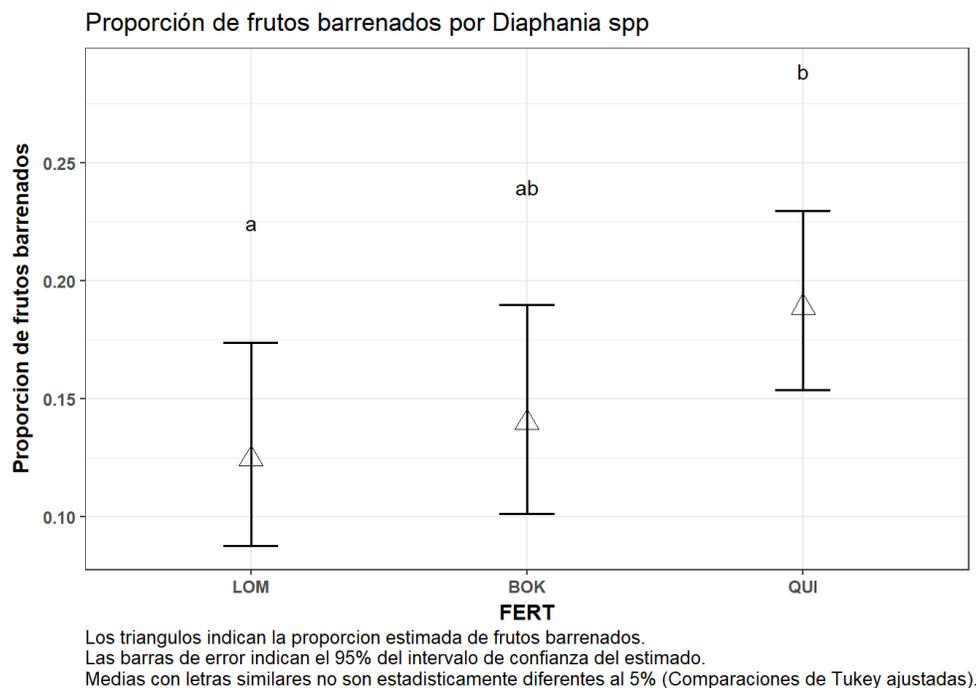
3.7.1 Total de frutos cosechados.

La cosecha tuvo una duración de 6 semanas de las cuales se obtuvieron un total de 1,372 frutos. Los frutos dañados por *D. hyalinata* fueron 164 y por *D. nitidalis* 69.

3.7.2 Frutos barrenados.

3.7.2.1 Daños totales.

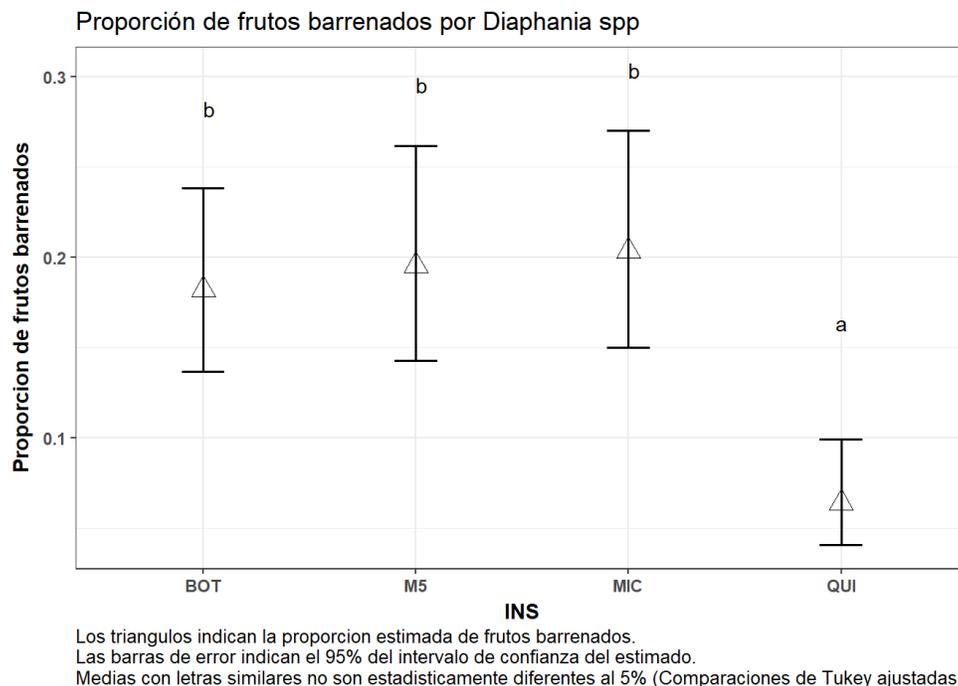
El modelo completo no mostró diferencia en cuanto a su ajuste a los datos (AIC) con respecto al modelo sin inclusión de la interacción de factores Fertilización: Insecticida (χ^2 gl (6) = 9.405, P=0.152). Esto implica que el efecto de los insecticidas evaluados fue similar en cada tipo de fertilización utilizada. La proporción de frutos dañados se vio afectada por el tipo de Fertilización (χ^2 gl (2) = 8.1182, P=0.01726), pero principalmente por el tipo de Insecticida utilizado (χ^2 gl (3) = 38.1994, P=2.565x10-8). 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 27).



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

Figura 27. Proporción de frutos barrenados por *Diaphania* sp.

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 28).



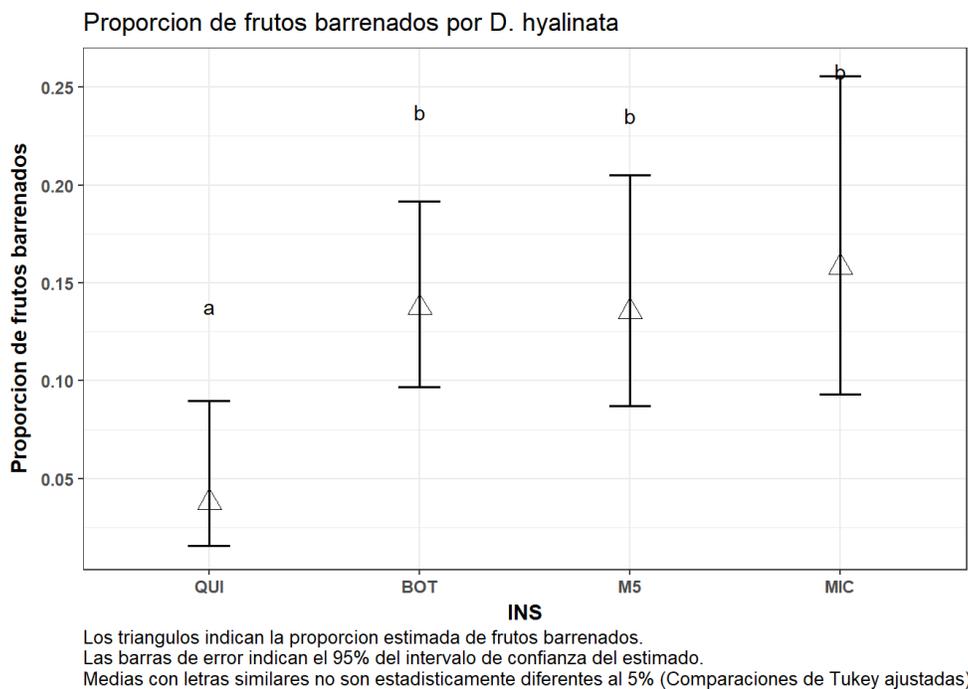
*Los datos en las gráficas fueron transformados de probabilidad a porcentaje.

Figura 28. Proporción de frutos barrenados por *Diaphania* sp.

3.7.2.2 *D. hyalinata*.

El modelo completo mostro diferencia en cuanto a su ajuste a los datos (AIC) (χ^2 gl (6) = 14.948, P=0.020) con respecto al modelo sin inclusión de la interacción.

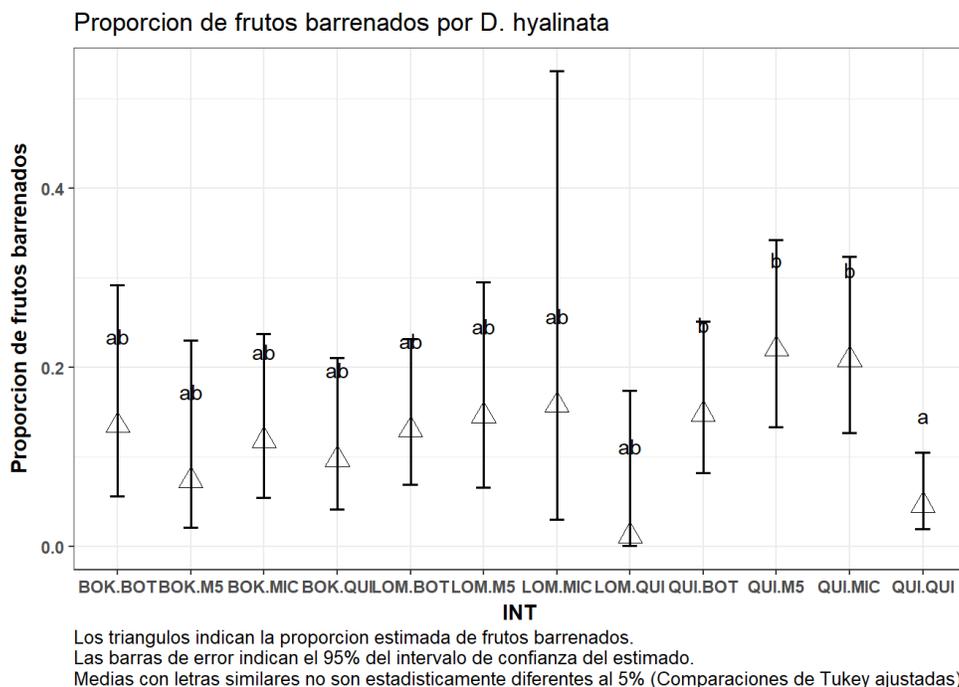
Esto implica que el efecto de los insecticidas evaluados si vario con respecto a los fertilizantes aplicados. La proporción de frutos dañados por *D. hyalinata* no se vio afectada por el tipo de fertilización, pero si por el tipo de insecticida utilizado (χ^2 gl (3) = 20.3288, P = 0.0001451), así como también la interacción de Fertilizante: Insecticida (χ^2 gl (6) = 13.1423, P=0.03265) (Figura A-15). En el caso del factor Insecticida, las parcelas tratadas con insecticidas químicos presentan menor proporción de frutos dañados (3.8% ES=1.34%), con respecto a las parcelas tratadas con m5, extracto botánico y microbiológico (Figura 29).



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

Figura 29. Proporción de frutos barrenados por *Diaphania hyalinata*

En el caso de la interacción de Fertilizante con Insecticida, las parcelas tratadas con fertilizante químico con insecticida químico presentan menor proporción de frutos dañados (4.6% ES = 1.35%) con respecto a las tratadas con Químico: Botánico (14.76% ES = 2.9%) Químico: Microbiológico (20.86% ES = 3.44%) y Químico: M5 (22.04% ES=3.67%) (Figura 30).

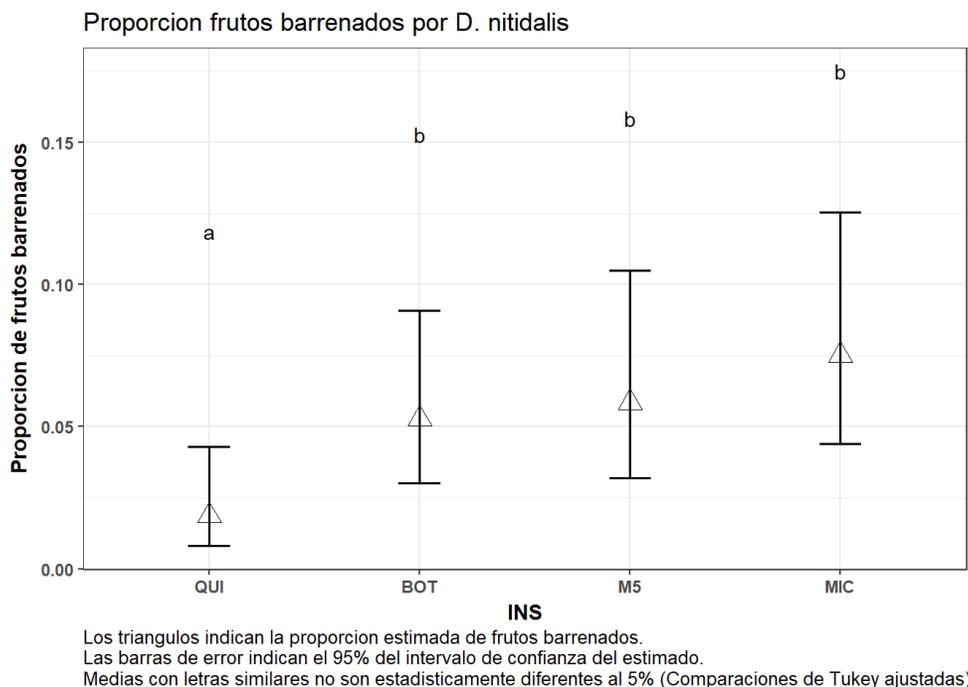


*Los datos en las gráficas fueron transformados de probabilidad a porcentaje.

Figura 30. Proporción de frutos barrenados por *Diaphania hyalinata*.

3.7.2.3 *D. nitidalis*.

La proporción de frutos dañados por *D. nitidalis* no se vio afectada por el tipo de fertilización, pero sí por el tipo de insecticida utilizado (χ^2 gl (3) = 13.3226, P = 0.003988) (Figura A-16). En el caso del factor Insecticida, las parcelas tratadas con insecticida químicos, presenta menor proporción de frutos dañados (1.86%, ES = 0.62%) con respecto a las parcelas tratadas con m5, extracto botánico y microbiológico (Figura 31).



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

Figura 31. Proporción de frutos barrenados por *Diaphania nitidalis*.

3.7.3 Frutos dañados por trips.

La proporción de frutos dañados por Trips no se vio afectada ni por el tipo de fertilización, ni por el tipo de insecticida.

3.8 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 2):

Cuadro 2: Índice de Costo-Efectividad Diaphania

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

*Fuente: Elaboración propia con metodología de CYMMIT.

3.9 Discusión de resultados.

3.9.1 Distribución espacial y temporal.

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 algunas (*Cucumis melo*) muestran ciertos niveles de resistencia para *B. tabaci* (Soria *et al.* 1999). Por otra parte, las capturas de trips 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 sí 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.

3.9.2 Efecto del programa fitosanitario.

3.9.2.1 Fitófagos.

El programa fitosanitario químico presentó la mayor reducción en las poblaciones de fitófagos a lo largo del ciclo del cultivo, es decir que las poblaciones de *Diaphania nitidalis*, *Diaphania hyalinata* y *Frankliniella occidentalis*, fueron reducidas mediante la única aplicación de Spinetoram. Además de dar la posibilidad de que las poblaciones de depredadores puedan recuperarse luego de la aplicación, como lo plantea (Srivastava, *et al* 2007) en el cultivo de chile (*Capsicum annum*).

El programa fitosanitario químico mostró una menor incidencia de poblaciones de *Polymerus* sp y afidos mediante la aplicación de Imidacloprid. Bajo dosis subletales se afecta el comportamiento alimenticio de los afidos, 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 su establecimiento en las plantas tratadas con el programa fitosanitario químico tuvo un desfase de dos semanas de retraso en comparación a los otros programas, lo que pudo estar influenciado por las aplicaciones 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)].

Por otra parte, la incidencia de mosca blanca no presentó diferencias significativas en el comportamiento de sus poblaciones en ninguno de los programas fitosanitarios. Esto coincide con el patrón observado en las capturas en trampas amarillas. Este patrón se fundamenta en el hecho de que el cultivo de pepino no es tan preferido por *Bemisia tabaci* (Morales y Cermeli 2001).

3.9.3 Efecto del fertilizante.

El lombriabono y el bokashi tuvieron una menor proporción de brotes con presencia de trips y *D. 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 platas, es decir, plantas con tallos más delgados y menor número de brotes, que pudiera deberse a la cantidad de nutrientes que el lombriabono le aporó. En ambos casos, la mayor cantidad de brotes con presencia de trips y *D. hyalinata* fueron las parcelas fertilizadas con químico (15-15-15).

3.9.4 Efecto de la interacción.

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 en follaje. Las plantas fertilizadas químicamente presentaron un mejor desarrollo en todos los órganos vegetativos, lo cual concuerda con (Nicholls 2010) que sugiere 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.

3.9.5 Económico.

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 presento 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 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* es el programa con menor incidencia.

3.10 Comportamiento del extracto de *Piper tuberculatum*.

En las pruebas de laboratorio se observó una respuesta al incremento de la concentración, sin embargo, esto no pudo ser observado en las pruebas de campo. Cuando se rociaron las plantas de sorgo en laboratorio se procuró hacer una cobertura completas, mientras que en campo, por el tamaño de las plantas no puedo hacerse de la misma manera. Al realizar la primera aplicación del extracto, se pudo observar toxicidad en las plantas, debido a ello, fue necesario reducir la dosis de aplicación.

Las plantas que fueron tratadas con el programa fitosanitario botánico, no tuvieron efectos estadísticamente significativos, esto puede deberse a que los extractos no son productos purificados por lo que los principios activos, a diferencia de los insecticidas químicos (menores proporciones de daños por fitófagos) se encuentran en menores concentraciones (Vargas y Alvarado 2006). Sin embargo, si se pudo observar que para

trips, el extracto de *Piper* si presento efectos sobre el número de capturas, lo cual indica su potencial como controlador de dicha plaga.

4 CONCLUSIONES.

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

El uso de insecticidas químico afecto 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 (Afidos en follaje), enmienda lombriabono + insecticida químico (chinchas en follaje), fertilizante químico + insecticida químico (trips en brotes) y fertilizante químico + insecticida químico (trips en follaje>5).

El extracto botánico (*Piper tuberculatum*) no presento efectos estadísticamente significativos, pero si se observó una reducción en las poblaciones de trips en las parcelas con dicho programa.

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 a los distintos órganos de la planta está influenciado por su biología y principalmente forma de alimentación.

5 RECOMENDACIONES.

Antes de realizar una aplicación ya sea productos químicos o biorracionales, se recomienda hacer muestreos previos de plagas y enfermedades 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.

Se deben realizar más investigaciones y ensayos de campo sobre la efectividad del extracto botánico (*Piper tuberculatum*), con el objetivo de obtener en el futuro un producto comercial para el control de plagas.

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

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

6 BIBLIOGRAFÍA

Amparo, A; Martinez, 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.

Aramburu, J; Galipienso, L; Soler, S; López, C. 2007. La Enfermedad Del Bronceado Del Tomate: La revista profesional de sanidad vegetal: 24-29.

Arauz, LF. Hacia un uso racional de los plaguicidas sintéticos: una perspectiva agroecológica. **1996.** 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.

Bettiol, W; Ghini, R; Galvão, JAH; Siloto, RC. 2004. Organic and conventional tomato cropping systems. Scientia Agricola 61(3): 253-259.

CATIE. 2015. Técnicas básicas para la elaboración de insumos agroecológicos: 30.

Castellanos, L; de Mello, R; Silva, C. 2015. El Silicio en la resistencia de los cultivos. Cultivos Tropicales 36: 16-24.

CENTA. 2003. Guia tecnica 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.

FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la

Agricultura). 2011. Elaboración y uso del bocashi. (En línea). El Salvador. Consultado el 23 enero de 2016. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-at788s.pdf>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2013. Los biopreparados para la producción de hortalizas en la agricultura urbana y periurbana. Asunción, PY. 35 p.

Flores, N. 2006. Metabolitos secundarios bioactivos de especies del género Piper de la flora boliviana. s.l., Universidad De La Laguna. 371 p.

Fox, J; Weisberg, S. 2011. Companion to Applied Regression. Segunda ed Thousand Oaks CA, Sage.

García, M. 2005. Cría de la lombriz de tierra: una alternativa ecológica y rentable. Ed. M Ramirez. 1 ed. Colombia, s.e., 1192.

García, MC. 2012. Elaboración de abono orgánico a base de lombriz roja californiana: 217-226.

Georgopoulos, SG. 1986. Plant pathogens: 100-110.

Graves, S; Piepho, H; Selzer, L. 2015. MultcompView: Visualizations of Paired Comparisons.

Horra, J. s.f. Modelo de diseño de experimentos (varios factores). : 1-14.

Hummel, RL; Walgenbach, JF; Hoyt, GD; Kennedy, GG. 2002. Effects of vegetable production system on epigeal arthropod populations. Agriculture, Ecosystems and Environment 93(1-3): 177-188.

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.

Lagos, J. 1983. Compendio de Botánica Sistemática. 2 ed. San Salvador, SV, Ministerio de Educacion, 240.

Lastres, L; Valdivia, A; Jaco, A; Trabanino, R. 2007. Manual MIP en cucurbitáceas. Eds. H Arguello; L Lastres; A Rueda. Honduras, s.e., 243.

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.

Lopez, M. 1995. Mosca blanca: descripción, ecología, daños y estrategias para el manejo. Quito, s.e.

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/>

Molina, N. 2013. Uso de extractos botánicos en control de plagas y enfermedades. Manejo Integrado de Plagas no.59: 76-77.

Morales, P; Cermeli, M. 2001. Evaluación de la preferencia de la mosca blanca Bemisia tabaci (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) en cinco cultivos agrícolas. Entomotropica 16(2): 73-78.

Morán, R. 2011. Manual para la elaboración y uso de insumos agrícolas orgánicos. 1: 36.

Morejón, NG; Coca, BM; Martínez, DI. 2010. Mildiu Polvorientado en las cucurbitáceas. REVISTA PROTECCIÓN VEGETAL 25(1): 44-50.

Nicholls, C. 2010. Contribuciones agroecológicas para renovar las fundaciones del manejo de plagas. Agroecología 5: 7-22.

Nicholls, CI. 2008. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. s.l., Universidad de Antioquia.

O’Farrill-Nieves. 2003. Insecticidas biorracionales. Network: 59-65.

Östman, Ö; Ekbom, B; Bengtsson, J. 2001. Landscape heterogeneity and farming practice influence biological control. Basic and Applied Ecology 2(4): 365-371.

Paz, J. 2003. La huerta bella: hortalizas, verduras, flores y frutos comestibles. 1 ed. Madrid, Libisa, 46.

R. 2017. R: A Language and Environment for Statistical Computing.

Ritz, C; Baty, F; Streibig, JC; Gerhard, D. 2015. Dose response analysis using PLOS. 10(12).

Scott, IM; Puniani, E; Durst, T; Phelps, D; Merali, S; Assabgui, RA; Sánchez-Vindas,

P; Poveda, L; Philogène, BJR; Arnason, JT. 2002. Insecticidal activity of *Piper tuberculatum* Jacq. extracts: Synergistic interaction of piperamides. *Agricultural and Forest Entomology* 4(2): 137-144.

Sepúlveda, ME; Gerding, M; France, A. 2012. Control de plagas con hongos entomopatogenos: 24-26.

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, et al, M. 2007. Spinetoram Is Compatible with the Key Natural Enemy of Frankliniella Species Thrips in Pepper. *Plant Health Progress*.

USAID. 2007. Manual de producción: producción de pepino. (En línea). Consultado el 15 de mayo de 2016. Disponible en <https://es.slideshare.net/williesanto/manual-para-produccion-de-pepino>

Vargas, F; Alvarado, A. 2006. Determinación de la resistencia a insecticidas en *Aedes aegypti*, *Anopheles albimanus* y *Lutzomyia peruensis* procedentes del norte peruano. *Peru Med Exp Salud Publica* 23(4): 259-264.

Viera, M; Betancurt, J; Mejia, N. 2001. Cultivos para el mejoramiento y diversificación de los sistemas de producción, Requerimientos agroecológicos y aspectos productivos. (En línea). Consultado el 15 de mayo de 2016. Disponible en <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=801>

Ware, GW; Whitacre, DM. 2004. Introducción a los insecticidas. (En línea). Consultado el 15 de mayo de 2016. Disponible en <https://es.scribd.com/document/261283387/INTRODUCCION-A-LOS-INSECTICIDAS>

Wickham, H. 2009. Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. New York, Springer-Verlag.

7. ANEXOS



Figura A- 1. Desinfección de sustrato y llenado de depósitos.



Figura A- 2. Siembra y preparación del terreno.



Figura A- 3. Instalación de sistema de riego por goteo.



Figura A- 4. Establecimiento y trasplante.



Figura A- 5. Molido y pesado del material vegetal.



Figura A- 6- Aplicación de Diclorometano (CH_2Cl_2) y baño ultrasónico de la muestra.



Figura A- 7. Mezcla de filtrados en el rotaevaporador.



Figura A- 8. Colocación del extracto puro en un bisel.



Figura A- 9. Fitotoxicidad en brotes y márgenes de hojas.

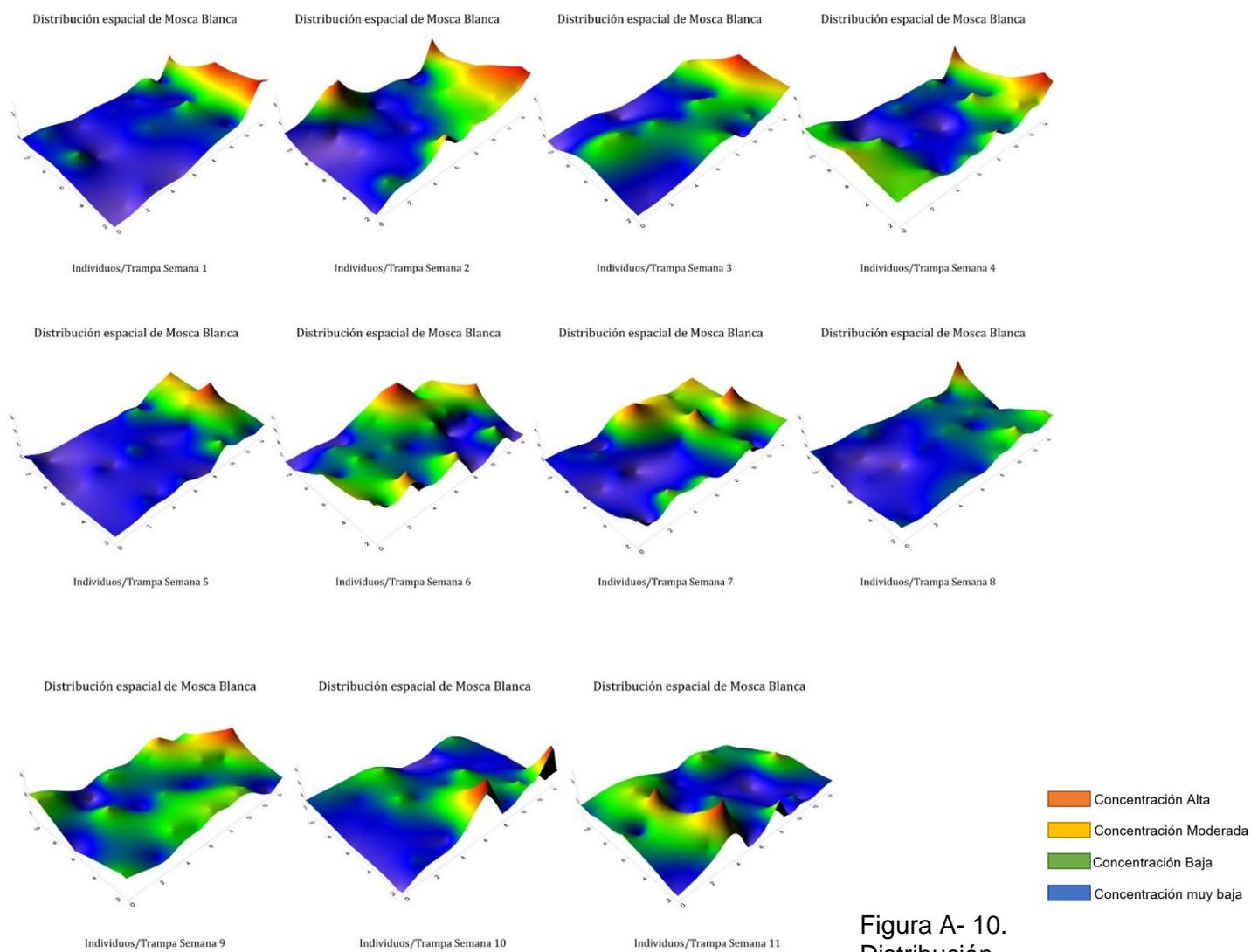
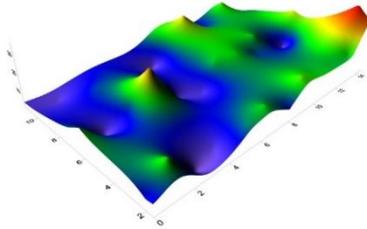


Figura A- 10. Distribución espacial de

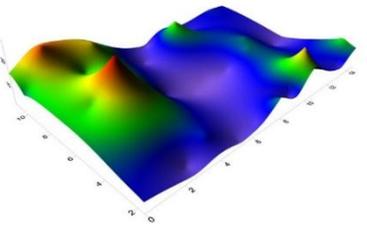
mosca blanca.

Distribución espacial de Trips



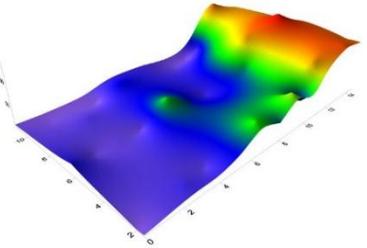
Individuos/Trampa Semana 3

Distribución espacial de Trips



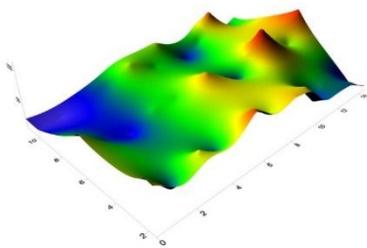
Individuos/Trampa Semana 4

Distribución espacial de Trips



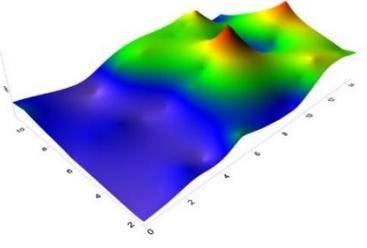
Individuos/Trampa Semana 5

Distribución espacial de Trips



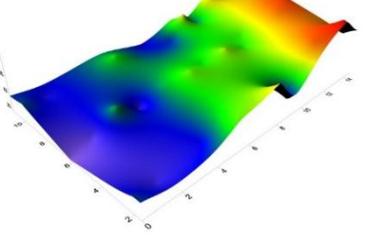
Individuos/Trampa Semana 6

Distribución espacial de Trips



Individuos/Trampa Semana 7

Distribución espacial de Trips



Individuos/Trampa Semana 8



Figura A- 11. Distribución espacial de trips.

Figura A- 12. Daños por *Diaphania hyalinata* en brotes.

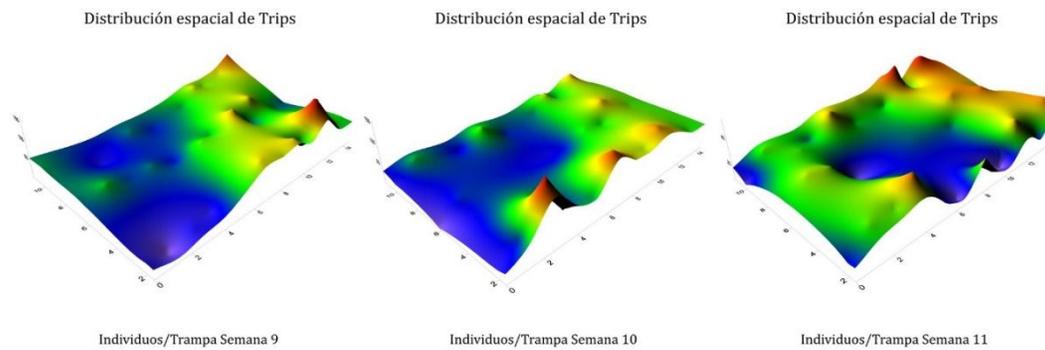


Figura A- 13. Daños por chinche *Polymerus* sp en hojas.

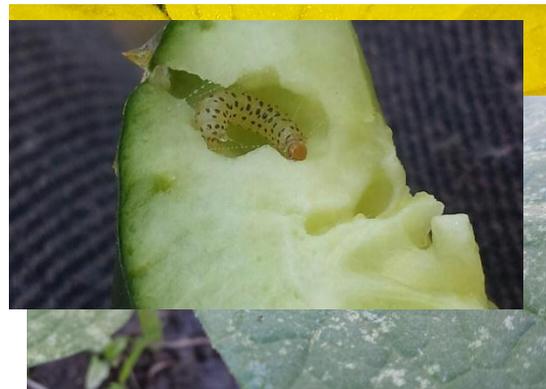


Figura A- 14. *Orius* sp Enemigo natural de trips.



Figura A- 15. Daños de *Diaphania hyalinata* en frutos cosechados.



Figura A- 16. Daños de *Diaphania nitidalis* en frutos cosechados.

