EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MEXICO

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL

USO DE ABONOS ORGÁNICOS Y MANEJO BIORRACIONAL DE PLAGAS EN TOMATE VERDE (*Phisalys ixocarpa*)

TESIS

Que presenta:

Ing. Arturo Aguiñaga Bravo

Como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Horticultura Tropical

Director de tesis:

Dr. Esaú Ruiz Sánchez

Conkal, Yucatán, México

Octubre, 2019

TecNM

EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO

Instituto Tecnológico de Conkal

Conkal, Yucatán, México, 11 de octubre 2019.

El comité de tesis del candidato a grado: Arturo Aguiñaga Bravo, constituido por los CC. Dr. Esaú Ruiz Sánchez, Dra. Kati Beatriz Medina Dzul, Dr. René Garruña Hernández y Dr. Luis Latournerie Moreno, habiéndose reunido con el fin de evaluar el contenido teórico-metodológico y de verificar la estructura y formato de la tesis titulada: **Uso de abonos orgánicos y manejo biorracional de plagas en tomate verde (*Phisalys ixocarpa*),** que presenta como requisito parcial para obtener el grado de M.C en Horticultura Tropical, según lo establece el Capítulo 2, inciso 2.13.3, de los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, dictaminaron su aprobación para que pueda ser presentada en el examen de grado correspondiente.

ATENTAMENTE

Dr. Esaú Ruiz Sánchez
Director de Tesis

Dra. Kati Beatriz Medina Dzul
Co-director de Tesis

Dr. René Garruña Hernández
Asesor de Tesis

Dr. Luis Latournerie Moreno
Asesor de Tesis

Conkal, Yucatán, México, 11 de octubre de 2019.

DECLARATORIA DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en las secciones de materiales y métodos, resultados y discusión de este documento, es producto del trabajo de investigación realizado durante mi estudio de posgrado y con base en los términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial le pertenece patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Conkal. En virtud de lo manifestado reconozco que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de lo correspondiente a dicha información son propiedad de la citada institución educativa.

Arturo Aguiñaga Bravo

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico de Conkal por otorgarme los conocimientos necesarios para mi formación profesional.

A la División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI) por darme la oportunidad de cursar mis estudios de maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada durante mis estudios de posgrado.

Al Dr. Esaú Ruiz Sanchez, Dr. Rene Garruña Hernandez, Dra. Kati Beatriz Medina Dzul, Dr. Luis Latournerie Moreno.

A los biólogos Erikc Montejo, Christian Perez, Laura Matos, Geni Ortiz, M.C Roberto Ruiz, M.C. Carolina Basto, M.C. Sergio Lopez, Dr. Luis Pinzon, Ing. Jarocho y gemelo.

A mis residentes Ing. Cano, Ingeniera Perla Navarrete, Ingeniera Kareli, Ingeniero Arturo Camacho, Ingeniero Esteban, Ingeniero Eusebio, biólogos Juanito y Jacobo

A mi familia, novia, amigos del fútbol, por el apoyo y ayuda en momentos requeridos.

A las secretarias del DEPI Lina y Yeni por siempre atenderme de buena manera.

A los señores de mantemiento por prestarne sus herramientas de trabajo, a los vigilantes por abrirnos la escuela en domingo o dia feriado y a cada uno de los maestros que compraban nuestra cosecha

Dedicatorias

Le dedico este objetivo más en mi vida a mis Padres Arturo Aguiñaga Rueda y Sandra Bravo Zamudio quienes nunca me han dejado de apoyar y siguen creyendo en mi, ante todo.

Le dedico este logro a mi novia Alejandra Castrillo ya que ella fue parte esencial de estudiar la maestria y subir un peldaño más en mi carrera profesional.

Le dedico este logro a dios y le agradezco por siempre bendecirme y superar cada una de las pruebas que me pongo.

Le dedico este logro a todos los niños de mi club de fútbol Guerreros de la Rampa en Francisco de Montejo que me ven como un ejemplo a seguir.

A mi abuelita Delfina que se quedaba conmigo viéndome hacer la tesis o búsqueda de artículos.

A mi amiga Christian por el apoyo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Agradecimientos……... iv

Dedicatorias…….. v

Índice de Contenido…….. vi

Índice de Cuadros……... ix

Índice de Figuras……. X

Resumen……..... xi

Abstract……. xii

Contenido

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL 1
1.1 INTRODUCCIÓN 1
1.2 ANTECEDENTES 3
1.2.1 Importancia del tomate verde. 3
1.2.3 Uso de productos biorracionales para el manejo de plagas 6
1.3 HIPÓTESIS 8
1.4 OBJETIVOS 9
1.5 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL 10
1.6 LITERATURA CITADA 11
CAPITULO II: EFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS SOBRE EL RENDIMIENTO, VALOR NUTRITIVO Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE TOMATE VERDE (*Physalis ixocarpa*) 14
ABSTRACT 14
RESUMEN 15
2.1 INTRODUCCIÓN 16
2.2 MATERIALES Y MÉTODOS 18
2.2.1 Establecimiento y manejo del cultivo 18
2.2.2 Preparación y establecimiento de los tratamientos 18
2.2.3 Evaluación del rendimiento y biomasa seca 19
2.2.4 Contenido de n, p y k en hojas 20
2.2.5 Evaluación de las variables fisiológicas 20
2.2.6 Selección y preparación de la muestra 20
2.2.7 Composición proximal 21
2.2.8 Determinación de minerales 21
2.2.9 Cuantificación de clorofilas 21
2.2.10 Caracterización fisicoquímica 22
2.2.11 Determinación de la capacidad antioxidante 22
2.2.12 Determinación de ácido ascórbico 22
2.2.13 Determinación de compuestos fenólicos totales 23
2.2.14 Análisis estadístico 23
2.3 RESULTADOS 24
2.3.1 Rendimiento y biomasa seca 24
2.3.2 Contenido de n, p y k en hojas de tomate verde 24

2.3.3 Variables fisiológicas 24
2.3.4 Composición proximal del fruto.....25
2.3.5 Contenido de minerales 25
2.3.6 Contenido de clorofilas, acidez titulable y °brix 25
2.3.7 Antioxidantes 26
2.4 DISCUSIÓN 27
2.5 CONCLUSIONES.....31
2.6 REFERENCIAS 32
CAPÍTULO lll.- EFFECTS OF THE INCORPORATION OF BIORATIONAL INSECTICIDES FOR PEST MANAGEMENT TREATMENTS ON PHYTOPHAGOUS INSECTS, FRUIT YIELD, AND BEE ABUNDANCE IN TOMATILLO 39
3.1 INTRODUCTION.....40
3.2 MATERIALS Y METHODS 41
3.2.1 Site description.....41
3.2.2 Plot design and crop establishment 41
3.2.3 Treatment procedure.....41
3.2.4 Pest insects sampling in tomatillo 42
3.2.5 Abundance of flower visitng bees 44
3.2.6 Fruit yield.....44
3.2.6 Data analysis 44
3.3 RESULTS 45
3.3.1 Damage by pest insects and fruit yield in tomatillo 45
3.3.2 Abundance of flower visiting bees in tomatillo 45
3.4 DISCUSSION 47
3.5 REFERENCES.....49
CAPITULO IV. CONCLUSIONES GENERALES. 57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla **Página**

Capitulo ll

1 Composición química de los suelos después de adición de abonos orgánicos 34

2 Efecto de adición de abonos orgánicos y fertilización química en la biomasa rendimiento de fruto comercializable 34

3 Efecto de la adición de abonos orgánicos y fertilización química en el contenido rendimiento de fruto comercializable 35

4 Efecto de la adición de abonos orgánicos y fertilización química en los valores medios de las variables fisiológicas por tratamiento 35

5 Efecto de la adición de abonos orgánicos y fertilización química en la composición proximal del *P. ixocarpa* 36

6 Efecto de la adición de abonos orgánicos y fertilización química en el contenido de minerales (mg kg^{-1}) de *P. ixocarpa* 36

7 Efecto de la adición de abonos orgánicos y fertilización química en el contenido de clorofilas, acidez titulable y °Brix de *P. ixocarpa* 37

8 Efecto de la adición de abonos orgánicos y fertilización química en la capacidad antioxidante del fruto de *P. ixocarpa* 37

Capitulo lll

1 Rate of mineral fertilization by growth stage for tomatillo (*P. ixocarpa*)..... 53

2 Description of treatments for the management of pest in *tomatillo (P. ixocarpa)* 53

3 Mean number (±SE) of leaves damaged and damage index (±SE) by leafminer *liriomyza* sp in tomatillo (*P. ixocarpa*) under different pest management treatments 54

4 Mean number (±SE) of leaves damaged and damage index (±SE) by flea beetle *Epitrix cucumeris* in tomatillo (*P. ixocarpa*) under different pest management treatments 54

5 Fruit yield (± SE) in tomatillo *(P. ixocarpa*) under different pest management treatments 55

6 Abundance of flower visiting bees in tomatillo (*P. ixocarpa*) under different pest managementtreatments..... 55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figure 1. Scale of damage *E. cucumeris* 42

Figure 2. Scale of damage *Liriomyza* sp. 42

Figure 3. Abundance of flower visiting bees in tomatillo. Bees include native stingless bees and the honeybees. The graph shows the percent of total individuals captured by sweping-net and mouth aspirator. 55

RESUMEN

El presente trabajo se realizó para evaluar el efecto de la adición de abonos orgánicos (bocashi y estiércol de ovino) en la nutrición de tomate verde (*Physalis ixocarpa*) y para determinar el efecto de tratamientos biorracionales de manejo de plagas en el cultivo. Las plantas de *P. ixocarpa* cultivadas con la incorporación de abonos orgánicos más fertilizacion quimica al 50% acumularon mayor contenido de nitrógeno en el follaje, tuvieron mayor tasa de transpiración y mayores contenidos de grasa, Ca, K, Fe y fenoles en los frutos. El rendimiento fue diferente por efecto de los tratamientos. Para el manejo de plagas, los tratamientos que integraron insecticidas biorracionales tuvieron efectos ligeramente menores que el tratamiento convencional a base de insecticidas químicos en el daño por minador de hoja (*Liriomyza* sp.) y pulga saltona (*Epitrix cucumeris*). La evaluación de abundancia de abejas visitantes de flores mostró que hubo mayor abundancia de *Apis mellifera* y menor abundancia de *Trigona nigra* en uno de los tratamientos que integró sólo insecticidas biorracionales (Bio-2).

ABSTRACT

The present work was carried out to evaluate the effect of the addition of organic amendments (bocashi and sheep manure) on the nutrition of tomatillo or green tomato (*Physalis ixocarpa*) and to determine the effect of biorational treatments on pest management in the crop.Plants of *P. ixocarpa* cultivated with the incorporation of organic amendments plus 50 % chemical fertilization accumulated greater nitrogen content in the foliage, had a higher transpiration rate and higher content of fat, Ca, K, Fe and phenols in the fruits. The fruit yiled showed no diference by the effect of treatments. For the management of pests, the treatments that integrated biorational insecticides had slightly less effects than the conventional treatment based only on chemical insecticides on damage by leaf miner (*Liriomyza trifolii*) and fleabeetle (*Epitrix cucumeris*). The evaluation of abundance of flower visiting bess showed that there was a greater abundance of *Apis mellifera* bees and less abundance of *Trigona nigra* in one of the treatments that included only biorational insecticides (Bio-2)

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 INTRODUCCIÓN

El tomate verde (*P. ixocarpa*) se encuentra entre las primeras hortalizas a nivel nacional, los principales estados productores son Sinaloa, el cual aportó 19.5% del volumen total nacional, seguido por Zacatecas, con 11.6%; y Jalisco, con 10.8% para el 2017 (SIAP, 2018).

El tomate verde tiene un uso alimenticio tradicional y arraigado, forma parte de la dieta diaria de los mexicanos. Son esenciales en la preparación de salsas e ingredientes de diversos platillos; también tiene uso industrial, medicinal, trampa vegetal, ornamental, forrajero, como juguete y ceremonial, en estos usos están involucradas 16 especies y de ellas se utilizan la raíz, hojas, fruto, cáliz e inclusive la planta entera (Santiaguillo, 2012). El fruto contiene proteínas, grasas, carbohidratos, hierro, entre otros nutrientes. Gracias a sus propiedades medicinales, se utiliza en el tratamiento de problemas respiratorios, dolores de oído, inflamación del estómago y presión alta (SIAP, 2018).

Los fertilizantes de síntesis química o inorgánicos, son los que regularmente ocupan los productores en cantidades indiscriminadas y con pocas medidas de seguridad en su aplicación (Vasile *et al*., 2015). El uso prolongado de aplicaciones en grandes cantidades de fertilizante de síntesis química ha impactado negativamente la diversidad de la rizosfera, afectando al suelo y perdiendo condiciones de fertilidad que hacen posible la disponibilidad, reciclaje y utilización de nutrientes (Solís y Campo, 2004), comprometiendo a largo plazo la productividad agrícola, la viabilidad de las plantas, y en general, la capacidad de recuperación del ecosistema agrícola (Crittenden *et al.*, 2015).

Los abonos orgánicos proporcionan requisitos nutricionales, suprimen las poblaciones de plagas de plantas, y aumentan el rendimiento y la calidad de los cultivos agrícolas de forma similar a los fertilizantes inorgánicos (Bulluck, 2004). El uso de abonos orgánicos tiene una importancia, pues inevitable mencionar que son un sostén básico para la vida del suelo y define el potencial productivo de los cultivos (Sánchez *et al*., 2011).

El uso de abonos orgánicos ha cobrado gran importancia por diversas razones. Desde el punto de vista económico, su uso se ha fomentado por la agricultura orgánica, ya que es una respuesta a la mejora en las prácticas agrícolas (Nieto y Garibay, 2002). Dentro de los abonos orgánicos, sobresalen la composta y la vermicomposta, debido a que sus procesos de elaboración son métodos biológicos que transforman restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable (Claassen y Carey, 2004).

La producción de tomate verde también tiene como limitante el ataque de plagas y enfermedades, mismos que pueden causar pérdidas totales de la cosecha (Martínez *et al*., 2004). Para su prevención existen programas de manejo, donde sobresalen el método cultural, el control biológico y el control legal, sean en los que se base el programa y que el control químico sea la última estrategia a considerar (Fundación produce, 2005).

En la actualidad, para el manejo de plagas en hortalizas se han introducido diversos productos biorracionales, cuyos principios activos tienen el efecto de repeler o matar a los insectos. Entre los productos biorracionales, los extractos vegetales constituyen una línea amplia de menor daño al ambiente (Esparza *et al*., 2010). Estos insecticidas biorracionales se caracterizan por tener una toxicidad muy baja para los humanos y otros vertebrados y se descomponen en pocas horas después de ser aplicados en campo (Farril, 2008).

La aplicación de abonos orgánicos y el uso de insecticidas biorracionales se encuentra dentro de la agricultura orgánica, el cual se define como un sistema de producción que utiliza insumos naturales y practicas especiales como la aplicación de composta y abonos verdes, uso de repelentes y fungicidas a partir de las plantas y minerales (Fortis *et al*., 2003).

1.2 ANTECEDENTES

1.2.1 Importancia del tomate verde.

El cultivo de tomate verde se siembra en diversas regiones de México, desde las áreas costeras del noreste a nivel de mar, en siembras en verano-otoño-primavera, hasta en zonas con altitudes de 1200 msnm, donde se cultiva de temporal durante el verano (Reyes, 2002).

Los tomates verdes tienen un uso alimenticio tradicional y arraigado, formando parte de la dieta diaria de los mexicanos. Son esenciales en la preparación de salsas e ingredientes de diversos platillos; también tiene uso industrial, medicinal, trampa vegetal, ornamental, forrajero, como juguete y ceremonial, en estos usos están involucradas 16 especies y de ellas se utilizan la raíz, hojas, fruto, cáliz e inclusive la planta entera (Santiaguillo *et al*., 2012).

El tomate verde es utilizado para la industria cosmetiquera en la elaboración de jabones y algunas cremas, como producto fresco y su mayor efecto lo tenemos en la comercialización de salsas, mermeladas y botanas. El tomate verde está constituido en su mayoría por agua (93.3%). Además, contiene cenizas, proteínas, grasas, fibra cruda y carbohidratos asimilables; vitaminas como niacina y ácido ascórbico; minerales como calcio, hierro y fósforo (SIAP, 2016). El tomate verde se cultiva en la mayoría de los estados de la república mexicana, a excepción de Tabasco Campeche y Quintana Roo, los principales productores son Sinaloa, Zacatecas y Jalisco (20, 12 y 10%, respectivamente de la producción total) (SIAP, 2018).

1.2.2 Abonos orgánicos.

Un abono orgánico en general se considera aquel material que se aplica al suelo y estimula el crecimiento de las plantas de manera indirecta, a través de mejorar las propiedades físicas del suelo, provenientes de residuos orgánicos como los estiércoles de diferentes especies de animales y los residuos de cosecha (Figueroa y Viramontes, 2003). Los abonos orgánicos constituyen un elemento importante para la regulación de muchos procesos relacionados con

la productividad, mantiene los niveles originales de materia orgánica del suelo y reemplaza los fertilizantes sintéticos (Ramos y Terry, 2014).

Los abonos orgánicos tienen altos contenidos de nitrógeno mineral y cantidades significativas de otros elementos nutritivos para las plantas (Libreros, 2012). Dependiendo del nivel aplicado, originan un aumento en los contenidos de materia orgánica del suelo, en la capacidad de retención de humedad y en el pH (Courtney, 2008), también aumentan el potasio disponible, el calcio y el magnesio. En cuanto a las propiedades físicas, mejoran la infiltración de agua, la estructura del suelo y la conductividad hidráulica; disminuyen la densidad aparente y la tasa de evaporación, así como también promueven un mejor estado fitosanitario de las plantas (Flavel, 2006).

Dentro de los abonos orgánicos sobresalen la composta, la vermicomposta y los estiércoles, debido a que sus procesos de elaboración son métodos biológicos que transforman restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable (Claassen y Carey, 2004).

Composta: La composta mejora las características de los suelos, como fertilidad, capacidad de almacenamiento de agua, mineralización del nitrógeno, fósforo y potasio, mantiene valores de pH óptimos para el crecimiento de las plantas y fomenta la actividad microbiana (Nieto *et al*., 2002) y como sustrato para cultivos en invernadero que no contamina el ambiente (Rodríguez *et al*., 2008). La composta presenta elementos nutritivos como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, hierro y otros oligoelementos como Zinc, Cobre, Boro, que se necesitan para el desarrollo de plantas (Salazar, 2003). Esto se debe a la acción química del C que se manifiesta por su capacidad de intercambio catiónico, el efecto de su oxidación lenta y contribuye a la solubilidad de algunos elementos minerales del suelo, facilitando su asimilación por las plantas (López, 2003).

Vermicomposta: se utiliza como mejorador de suelo en cultivos hortícolas y como sustrato para cultivos en invernadero (Urrestarazu *et al*., 2001). La vermicomposta contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), tiene alto contenido de ácidos húmicos, aumenta la capacidad de retención de humedad y la porosidad, lo que facilita la aireación, drenaje del suelo y los

medios de crecimiento (Ndegwa *et al.*, 2000; Hashemimajd *et al.*, 2004). La vermicomposta se obtiene a partir de la materia orgánica enriquecida como el resultado de las trasformaciones microbiológicas y bioquímicas que pasan por el tracto digestivo de lombrices (Cruz *et al.*, 2009).

La aplicación de vermicomposta presenta características químicas como, es rica en materia orgánica y baja conductividad eléctrica, contiene elementos nutritivos en forma fácilmente asimilable por las plantas, tales como nitratos, fosforo intercambiable, K, Ca, y Mg en forma soluble, posee un pH neutro. La elevada CIC se debe a la presencia de grupos carbonilos e hidroxilos fenólicos y alcohólicos y la presencia de ácidos húmicos y fulvicos (Moreno y Reséndez, 2005)

Estiércoles: La materia orgánica cuando proviene particularmente de los estiércoles contiene importantes cantidades de todos los elementos químicos utilizados por las plantas. El uso de estiércoles tiene un beneficio en el rendimiento de los cultivos por las siguientes razones: aportan los nutrientes esenciales para las plantas y liberan nutrientes de forma residual que favorece su disponibilidad para las plantas. Mejoran la estructura del suelo, porosidad, aireación, capacidad de retención de agua. Elevan la capacidad de intercambió catiónico del suelo evitando que los elemento se pierdan por lixiviación. Los estiércoles permiten que el suelo y los cultivos tengan más fertilidad y rendimiento, evitando que pierda sus propiedades con el tiempo. (SAGARPA, 2015).

Mehdizadeh en el 2013, encontró que la composta compuesta de estiercol borrego, ganado y aves de corral, mejoraron el crecimiento de biomasa fresca e iguala los rendimientos de fruta fresca y mejoro las condiciones nutricionales del suelo. Por otra parte, Ghorbani *et al* 2008, reporto que la combinación de estiércol de oveja y fertilizantes químicos condujeron al mayor rendimiento total de tomate.

1.2.3 Uso de productos biorracionales para el manejo de plagas

El uso de productos biorracionales en la agricultura y en el control de insectos vectores incrementó debido a su bajo impacto ambiental y en algunos casos estos productos constituyen la principal herramienta de control de plagas y enfermedades (García y Tamez, 2012).

Los productos biorracionales tienen principios activos con efecto para repeler o matar a los insectos (Esparza *et al*., 2010). Estos productos se caracterizan por tener algún efecto favorable en las plantas en las que se usan y un efecto desfavorable en insectos plaga y patógenos que causan enfermedades (insecticida, repelente, disuasivo, inhibición, retardo en el desarrollo) pero invariablemente deben tener toxicidad muy baja en humanos y otros vertebrados (Eiras y Resende, 2009). Los insecticidas biorracionales se dividen en diferentes grupos:

Derivados microbiales: los insecticidas microbianos son productos que contienen microorganismos o sus subproductos, que resultan en enfermedades de insectos. Estos biorracionales incluyen bacterias, hongos, virus y protozoos. De hecho, cualquier microbio matará solo a un grupo muy limitado de insectos (White y Johnson, 2012).

Para el caso de los hongos entomoaptógenos su modo de acción es destruir la cutícula de los insectos, causando septicemia, por lo tanto, es adecuado para reducir los riesgos de resistencia adquirida. Atacan principalmente a moscas blancas, áfidos y otros insectos (García y Tamez, 2012).

Bacillus thuringiensis es una bacteria que produce un cristal proico, el cual al ser ingerido por larvas de lepidóptera se activa la toxina y ocasiona poros selectivos en las células epitelailes del intestino del insecto. Son eficaces contra larvas de lepidoptera, mariposas y algunas palomillas, así como a otros insectos del género díptera. Produce una toxina que agujerea las paredes de los insectos. (Farril, 2008).

Abamectina: este insecticida lo produce la bacteria *Streptomyces avermitilis* esta habita en el suelo. Es eficaz para los ácaros y otros insectos, les afecta el sistema nervioso y les causa parálisis (Farril, 2008).

Spinosad es un bioinsecticida de origen natural producido por la fermentación de la bacteria actinomiceto *Saccharopolyspora spinosa*, el compuesto activo es una neurotoxina compuesta por una mezcla de las spinosinas A y D (de ahí spinosAD), los cuales son compuestos tetracíclicos de macrólidos que actúan sobre los receptores post-sinápticos de la acetilcolina nicotínica y los receptores GABA; son muy activos por ingestión y menos por contacto, han demostrado ser muy efectivos para el control de plagas de lepidópteros, dípteros, coleópteros, termitas, hormigas y trips (Williams *et al*., 2008).

Productos botánicos: Son los que se extraen de plantas, árboles o arbustos, pueden ser extractos acuosos, extractos orgánicos, y aceites que tienen el poder de repeler y eliminar algunas plagas (Farril, 2008). La efectividad de los extractos botánicos está en función de su estructura y en la dosis usada. Los extractos contienen ácidos grasos, alcaloides, aldehídos, aminoácidos no proteicos, azúcares, cianohidrinas, esteroides, fenoles, flavonoides, glicósidos, glucosinolatos, furanos, lignanos, quinonas, taninos, sesquiterpenos y terpenos. Tienen efecto insecticida o insectistático con inhibición del desarrollo y comportamiento de los insectos. Asimismo, efecto protector que incluye repelencia, disuasión de la alimentación u ovoposición, confusión o disrupción (Silva *et al*., 2002).

Reguladores del crecimiento: Son sustancias similares a la hormona juvenil (ecdisona) que controla la muda en insectos. Actúan por contacto e ingestión principalmente en los estadios juveniles, inhibiendo la hormona juvenil y alteran la metamorfosis durante la muda, prolongando el desarrollo y alterando los estadios inmaduros (larva, ninfa y pupa); en insectos adultos promueve defectos morfológicos, reducción de la fecundidad-reproducción, actividad locomotriz y disrupción del aparato reproductivo causando esterilidad. Determinadas moléculas pueden alterar la función de las hormonas que regulan el proceso de la muda produciendo malformaciones, esterilidad o mortalidad. sustancias contenidas en Abies balsamea y Ocimum basilicum (Vázquez, 2007).

Singh *et al.,* (2017) probo varios insecticidas biorracionales para el control de barrenador de la fruta en tomate, encontró que el Novaluron fuer superior a los tratamientos, abamectina, spinosad y *bacillus thuringiensis*. Tomé *et al*., (2013), encontró que el uso del extracto Azadiractina, causó una gran mortalidad en las larvas y puesta de huevos de tuta absoluta en cultivo de tomate.

1.3 HIPÓTESIS

Los parámetros de crecimiento, fisiología y rendimiento de las plantas de tomate verde con aplicación de abonos orgánicos y 50% de fertilizacion química, son estadísticamente similares a los de las plantas con 100% de fertilizacion química.

El uso de insecticidas biorracionales en plantas de tomate verde disminuye la incidencia y la severidad de las plagas del cultivo en la misma magnitud que las plantas tratadas con químicos convencionales.

1.4 OBJETIVOS

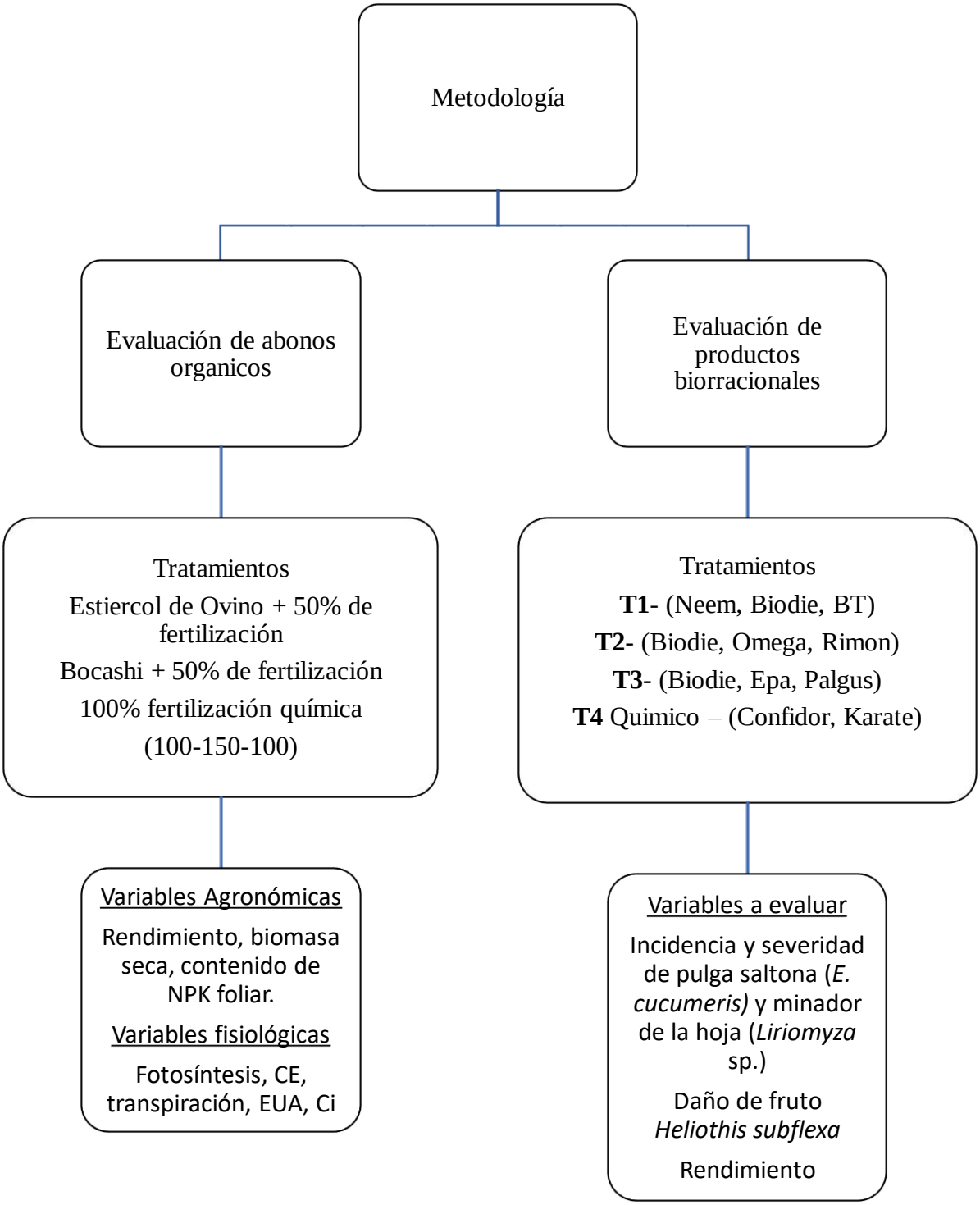
Objetivo general

Evaluar el comportamiento agronómico y fisiológico de plantas de tomate verde (*Physalis ixocarpa*), en función de la adición de abonos orgánicos y el manejo de plagas con insecticidas biorracionales.

Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de los abonos orgánicos en las variables agronómicas, fisiológicas y de calidad de frutos en plantas de tomate verde.
- Evaluar el efecto de abonos orgánicos en la acumulación de nutrientes (N, P y K) en el follaje de plantas de tomate verde.
- Determinar la efectividad de productos biorracionales en los daños causados por pulga saltona (*Epitrix cucumeris*) y minador de la hoja (*Liriomyza* sp.), así como en la abundnacia de abejas.

1.5 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL



1.6 LITERATURA CITADA

Abdelouaheb, A., Nassima R., Noureddine S. 2009. Larvicidal activity of a neem tree extract (Azadirachtin) against mosquito larvae in the republic of Algeria. Biological Science.

Andrea, B. 2004. Manejo ecológico del suelo. Dominicana. Editorial RAPAL. 1:27.

Bulluck, L.R., Ristaino, J.B. 2008. Effect of synthetic and organic soil fertility amendments on southern blight, soil microbial communities, and yield of processing tomaes. Phytopathology. 92:181–189.

Claassen, V.P., Carey J.L. 2004. Regeneration of nitrogen fertility in disturbed soils using composts. Compost Sci. & Util 12(2): 145–152.

Courtney, R. G., Mullen, G. J. 2008. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. Bioresource Technology. 99: 2913-2918.

Eghball, B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. Soil Science Society of America Journal 64: 2024-2030.

Eiras, A. E., Resende, M.C. 2009. Preliminary evaluation of the “Dengue-MI” technology for *Aedes aegypti* monitoring and control.Cad. Saúde Pública 25(1): 45-58.

Esparza, D.G., López, C. J., Villanueva, J. F., Osorio, A. G., Otero. E. 2010. Concentración de azadiractina, efectividad insecticida y fitotoxicidad de cuatro extractos de Azadirachta indica A. Juss. Agrociencia. 44: 821-833.

Flavel, T. C., Murphy, D. V. 2006. Carbon and nitrogen mineralization rates after application of organic amendments to soil. Journal of Environmental Quality. 35(1): 183-194.

García, G. C., Tamez, G. P. 2012. Mercado de bioinsecticidas en México. Curso de agricultura orgánica y sustentable. Fundación Produce Sinaloa. 99-114.

Ghorbani, R., Koocheki, A., Jahan, M.2008. Impacto de las enmiendas orgánicas y los extractos de compost en la producción y la capacidad de almacenamiento del tomate en los sistemas agroecológico. INRA Science & Impact. 28 (2):307

Guglielmone, A., Castelli, M., Volpogni, M., Medus, P., Anziani, O., Mangold, A. 2001. Comparación de la concentración letal 50 de diazinón y cipermetrina para *Haematobia irritans* (Diptera: Muscidae) entre áreas de producción de leche o carne de Santa Fe y Entre Ríos, Argentina. Rev. Med. Vet. Buenos Aires. 82, 209-211.

L a m s f u s, C., L a s a, B., Aparicio, T., Irigoyen, I. 2003. Implicaciones ecofisiológicas y agronómicas de la nutrición nitrogenada: La ecofisiología vegetal, una ciencia de síntesis. España: Paraninfo.1: 361-386.

Libreros, S. S. 2012. La caña de azúcar fuente de energía: compostaje de residuos industriales en Colombia. Tecnicaña. 28: 13-14.

Nieto,G. A., Murillo, A. B., Troyo, D. E., Larrinaga, M. JA., García, H. JL. 2002 El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. Interciencia 27(8): 417–421.

O' Farrill, N. H. 2008. Insecticidas biorracionales. (En línea). Disponible en: http://academic.uprm.edu/ofarrill/HTMLobj-323/biorational.pdf

SAGARPA (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2015.

Santiaguillo H. J. F., O. Vargas P., O. Grimaldo J., J. Sánchez M. y N. Magaña L. 2009. Aprovechamiento tradicional y moderno de tomate (*Physalis*) en México. Universidad Autónoma Chapingo. México. 31.

Santiaguillo, O., Vargas P., Grimaldo, O. J., Magaña, N. L., Caro, V., Peña L. y Sánchez, M. 2012. Diagnóstico del Tomate de cáscara. Universidad Autónoma Chapingo. México. 46.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2018. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do consultado el 28 de junio de 2017

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2017. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do consultado el 28 de junio de 2017

Silva, A. G., Lagunes, T. A., Rodríguez, M. J., Rodríguez, L. D. 2002. Insecticidas vegetales: una vieja y nueva alternativa para el manejo de plagas. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica). 66: 4 - 1 2.

Singh, N., Dotasara,S., Kherwa, B., Singh, S. 2017. Management of tomato fruit borer by incorporating newer and biorational insecticides. Journal of Entomology and Zoology Studies 2017; 5(2): 1403-1408

Solaiman, A.R.M., Rabbani, M.G.2006. Effects of NPKS and cow dung on growth and yield of tomato. Bull. Inst. Trop. Agric. Kyushu Univ. 1: 31–37.

Tomé,H., Martins, J., Correa,A.,GaldinoM,T.,Picanço,M., Guedes, R. 2013. Azadirachtin avoidance by larvae and adult females of the tomato leafminer *Tuta absoluta*. Crop Protection. 46: 63-69

Valle, P. P., Quintela, E.D., Pereira, O.P., Seraphin, J.S. 2009. Toxicity of neem oil to *Bemisia tabaci* biotype B nymphs reared on dry bean. Pesq. agropec. bras., Brasília, 44 (4): 354 360.

Vargas, P., Valdivia, M., Sánchez, M. 2014. Potencial alimenticio de los tomates de cáscara (*Physalis* spp.) de México. Agroproductividad. 1:17-23.

Vázquez, L. A., Pérez, F. L. Díaz, S. R. 2007. Biomoléculas con actividad insecticida: una alternativa para mejorar la seguridad alimentaria. Ciencia y tecnología alimentaria. Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de Alimentos. Reynosa, México. 5(004): 306-313.

Williams, C. R., and K. J. 2008. The allee effect in site choice behavior of egg-laying dengue vector mosquitoes. Tropical Biomedicine. 25(2): 140-144.

CAPITULO ll: EFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS SOBRE EL RENDIMIENTO, VALOR NUTRITIVO Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE TOMATE VERDE (*Physalis ixocarpa*)

(Este capítulo está en proceso de ser aceptado en la revista Acta Universitaria. Autores: Arturo Aguiñaga-Bravo, Kati B. Medina-Dzul, René Garruña-Hernández, Luis Latournerie-Moreno, Esaú Ruiz-Sánchez. Artículo en estatus "en revision")

ABSTRACT

The effect of the addition of bocashi or sheep manure, mixed with 50 % of synthetic fertilizers, was evaluated in green tomato. Physiological variables, biomass production, fruit yield, and mineral foliar content, nutritive value and antioxidant capacity of the fruit were studied. The biomass and the yield of the fruit do not present differences between the treatments, except for the root biomass. The accumulation of N was greater in the foliage of plants with sheep manure + chemical fertilization 50 % (SM-ChF 50 %) the transpiration rate was higher and the stomatal conductance was lower. The accumulation of P and K did not vary between treatments. The contents of fat, Ca, K, Fe, and total phenols were higher in fruits with (SM-ChF 50 %) %. The addition of organic fertilizer with 50 % chemical fertilization, equals yields and improves the quality of the green tomato (*P. ixocarpa*).

Keywords: bocashi, sheep manure, *Physalis ixocarpa*, fruit quality, antioxidants.

RESUMEN

Se evaluó en tomate verde el efecto de la adición de bocashi o estiércol de ovino mezclado con 50 % de fertilizantes sintéticos. Se estudiaron variables fisiológicas, de producción de biomasa, rendimiento de fruto y contenido de minerales en el follaje, valor nutritivo y capacidad antioxidante del fruto. La biomasa y rendimiento de fruto no presentaron diferencias entre tratamientos, excepto la biomasa de raíz. La acumulación de N fue mayor en el follaje de plantas con estiércol de ovino + fertilización química 50 % (EO-FQ 50 %), la tasa de transpiración fue mayor y la conductancia estomática menor, la acumulación de P y K no varió entre tratamientos. Los contenidos de grasa, Ca, K, Fe y fenoles totales fueron mayores en frutos con EO-FQ 50 %.

La adición de abono orgánico con fertilización química al 50 %, iguala los rendimientos y mejora la calidad de fruto de tomate verde (*P. ixocarpa*).

Palabras clave: bocashi, estiércol de ovino, *Physalis ixocarpa*, calidad de fruto, antioxidantes.

2.1 INTRODUCCIÓN

La aplicación de grandes cantidades de fertilizante de síntesis química ha impactado negativamente la diversidad de la rizósfera y afectado de manera significativa los procesos biológicos naturales que ocurren en el suelo, comprometiendo a largo plazo la productividad agrícola (Cruz-Koizumi, Alayón-Gamboa, & Morón-Ríos, 2017). Si bien proporcionan nutrientes fácilmente disponibles para los cultivos, la absorción excesiva de nitratos y sulfatos, además de dañar al suelo, podrían causar problemas en la salud de los humanos (Taiwo, Adediran, & Sonubi, 2007).

En este sentido la agricultura moderna ha incorporado el uso de productos orgánicos que incrementan el crecimiento y rendimiento de los cultivos, la calidad de las cosechas y además tienen efectos fisiológicos que incluyen el alargamiento celular, la diferenciación vascular y desarrollo de la producción (Luna-Murillo *et al*., 2016). El aprovechamiento de estos residuos orgánicos cobra cada día mayor interés como medio eficiente de reciclaje racional de nutrimentos, debido a que ayudan al crecimiento de las plantas y devuelven al suelo muchos de los elementos extraídos durante el proceso productivo (Cerrato, Leblanc & Kameko, 2007; Ramos-Agüero & Terry-Alfonso, 2014). Además, promueven el crecimiento de microrganismos que ayudan a mejorar la fertilidad del suelo, disminuyen el uso de los fertilizantes químicos y disminuyen el impacto ambiental negativo (Onwu, Osujieke, Gani, & Ali, 2018).

Entre los abonos orgánicos sobresalen la composta, bocashi, vermicomposta y estiércoles debido a que sus procesos de elaboración son métodos biológicos que transforman restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable (Claassen & Carey, 2004).

Existen varios estudios que dan cuenta que la adición de abonos orgánicos en combinación con menores cantidades de fertilización química, mantiene estable la producción de frutos de hortalizas (Mehdizadeh, Darbandi, Naseri-Rad & Tobeh, 2013).

Riahi *et al*. (2009) evaluaron la influencia de diferentes fertilizantes orgánicos en el rendimiento y las propiedades físico-químicas del tomate cultivado orgánicamente.

En las últimas dos décadas, el tomate verde (*Physalis ixocarpa*) se consolidó como una de las principales hortalizas en México, en el año 2016 se sembraron 42,639 ha, con una

producción de 679,910 T y un rendimiento promedio de 16.7 T ha^{-1} (Servicio de Información Agro Alimentaria y Pesquera, 2017). Sus frutos se consumen como alimento debido a su sabor característico y contenido nutrimental (rico en proteínas, grasas, fibra cruda, carbohidratos, niacina, ácido ascórbico, calcio, hierro y fósforo) (Servicio de Información Agro Alimentaria y Pesquera, 2016). En la medicina alternativa se usan las hojas por el contenido de compuestos antioxidantes (Medrano-Medina *et al*., 2015).

Por todo lo mencionado, el presente trabajo se desarrolló bajo la hipótesis que el abonado orgánico más 50 % de fertilización química permite rendimiento de fruto y crecimiento de planta de tomate verde, similar a lo obtenido con fertilización química convencional. Además, el abonado orgánico puede incrementar algunos parámetros de calidad de frutos, como composición nutrimental y capacidad antioxidante.

2.2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.2.1 Establecimiento y manejo del cultivo

La investigación se realizó de marzo a junio de 2018 en el área de producción hortícola del Instituto Tecnológico de Conkal (21°4'N y 89°31'O), en el municipio de Conkal, Yucatán. La temperatura promedio registrada en los meses de la investigación fue de 33/22° C. El suelo es tipo Leptosol.

En un invernadero del Instituto Tecnológico de Conkal se sembraron semillas de tomate verde variedad Señorío (Starseeds, México) en charolas de 200 cavidades, se utilizó como sustrato Peatmoss, las plántulas se fertilizaron con fertilizante triple 17. A dosis de 1 g L^{-1} cada tres días. El trasplante se realizó 20 días después de la siembra (dds), la distancia entre plantas fue de 0.30 m y entre líneas de 1.20 m. En cada línea se preparó una cama de 50 cm de ancho debido a que el suelo de la zona es altamente pedregoso. Desde el trasplante se dosificó la fertilización por fertirriego con un inyector tipo venturi. Se realizó tutoreo de plantas y control de maleza manual durante todo el ciclo de cultivo.

2.2.2 Preparación y establecimiento de los tratamientos

Se evaluaron tres tratamientos: Tratamiento uno, que incluyó abonado con bocashi + fertilización química al 50 % (B-FQ 50 %), tratamiento dos que incluyó abonado con estiércol de ovino + fertilización química al 50 % (EO-FQ 50 %) y el tercer tratamiento incluyó fertilización química al 100 % (FQ 100 %). La FQ 100 % fue a dosis de 100:150:100 (N:P:K) según recomendaciones de fertilización para cultivos de hortalizas en la región (Soria *et al*., 2002).

Treinta días antes del trasplante se adicionaron los abonos orgánicos directamente a las camas de 0.50 m de ancho, lo cual corresponde a la línea efectiva, debido a que el resto del ancho de la línea (0.70 m) es totalmente pedregoso. Los abonos orgánicos se adicionaron en cantidad de 5 kg/m^2 de cama preparada, lo que representa un total de 20.85 T ha^{-1}. El bocashi

se elaboró con suelo (250 kg), estiércol de bovino (100 kg), hojarasca (70 kg), cenizas (15 kg), melaza (40 kg), carbón (20 kg), harina de pescado (10 kg) y levadura (2 kg). Los componentes se mezclaron y se les agregó agua con melaza, este último paso se repitió cada dos días junto con una remoción empleando un total de 40 kg de melaza en todo el proceso. La mezcla se procesó por 21 días.

El estiércol de ovino se recolectó de un corral de ovinos de la Unidad de Producción de Ovinos del Instituto Tecnológico de Conkal. El cual tenía 45 días de estar en descomposición a la intemperie.

Al día siguiente de la incorporación de los abonos orgánicos al suelo, se realizó un análisis de fertilidad del suelo según lo establecido por Riahi (2009), se determinó el contenido de materia orgánica por el método de Walkley y Black en el que se estima el carbono orgánico total de una muestra, el pH y conductividad eléctrica se determinó con la ayuda de un analizador electroquímico Consort ® C931, nitrógeno total (%) por el método Kjedahl (AOAC, 954.01), el fósforo total (mg kg^{-1}) se cuantificó por espectroscopía de Uv-Vis y los minerales (K, Ca, Mg y Na) fueron determinados por absorción atómica previa calcinación y digestión ácida (Tabla 1).

Los tratamientos se establecieron en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Para el caso de las variables fisiológicas solo se evaluaron tres bloques (repeticiones). Cada repetición consistió de una unidad experimental de tres surcos de 10 m de largo. Las variables se evaluaron en el surco central que contenía al menos 35 plantas.

2.2.3 Evaluación del rendimiento y biomasa seca

El rendimiento se obtuvo del peso de todos los frutos durante cuatro cosechas, la primera cosecha se realizó a los 60 días después del trasplante y posteriormente cada 10 días.

La biomasa seca se evaluó en diferentes órganos de la planta (raíz, tallo y hoja). Se evaluaron ocho plantas por tratamiento, se seccionaron por órganos y se secaron en un horno de convección a 65 °C durante cinco días.

2.2.4 Contenido de n, p y k en hojas

Se colectaron hojas apicales a los 50 días después del trasplante, cuando las plantas se encontraban en etapa reproductiva y amarre de frutos. Se colectaron 150 g de hojas por tratamiento. Las muestras se secaron a 65 °C, posteriormente se molieron y se analizaron. El contenido de nitrógeno total (%) fue determinado por el método de Kjeldahl (AOAC, 954.01), el fósforo total (mg kg^{-1}) por espectrofotometría UV-VIS y el potasio total (mg kg^{-1}) fue determinado por absorción atómica con digestión ácida.

2.2.5 Evaluación de las variables fisiológicas

A los 50 días después del trasplante, se realizó la evaluación de las 8:00 a las 10:00 h del día de la asimilación neta (A_N), la transpiración (E), el carbono intercelular (C_i) y la conductancia estomática (g_s) y uso eficiente del agua (EUA). Las mediciones se realizaron en hojas nuevas completamente extendidas proximales al dosel. Se realizaron cinco lecturas por planta y se tomaron tres plantas por bloque, que resultaron en un total de nueve plantas por tratamiento. Las mediciones se realizaron con un medidor de gases en infrarrojo (LI6400 xt, LI-COR, Ne, E.U).

ANÁLISIS DE CALIDAD DEL FRUTO

2.2.6 Selección y preparación de la muestra

Para el análisis de frutos, las muestras se colectaron aleatoriamente en las unidades experimentales para formar una muestra de un kg por tratamiento. Se seleccionaron frutos sanos y sin ningún daño, se les retiró la cáscara más externa, se lavaron, se cortaron y se dividieron en tres partes, una fue utilizada en fresco para el análisis de clorofilas, acidez titulable y ácido ascórbico, la segunda parte de la muestra utilizada para la composición proximal (ceniza, grasa, proteína, fibra) y análisis de minerales, fue secada en estufa de convección a 60 °C durante cuatro días y molidas en un molino (Ika® Werke mod Mf 10

basic), el fruto se procesó completo, incluyendo las semillas, una tercera parte fue liofilizada para el análisis de fenoles totales y actividad antioxidante.

2.2.7 Composición proximal

Para la determinación de la composición proximal se utilizaron los métodos oficiales de la AOAC (2000): humedad (925.09), nitrógeno (954.01), grasas (920.39) y cenizas (923.03), la fibra cruda fue determinada por el método de la bolsa de papel filtro con el analizador de fibras ANCON el cuál utiliza digestión ácida con H_2SO_4 (1.25 %) y digestión alcalina con NaOH (1.25 %). Los carbohidratos totales se cuantificaron como elementos libres de nitrógeno por diferencia (restando al 100 % el contenido de proteína, grasas, cenizas y fibra cruda). El factor de conversión para proteínas fue 6.25.

2.2.8 Determinación de minerales

Para determinar minerales se calcinaron los frutos en mufla a 600 °C por 4 h, las cenizas se solubilizaron por calentamiento en 2 mL de ácido nítrico 1:1; antes de la dilución final, la cual se aforó con agua desionizada y la solución ácida fue usada para determinar los minerales.

Para la determinación de Zn, B, Cu, Fe, Ca, Na, Mg y K se empleó un espectrofotómetro de emisión atómica de plasma de microondas (MP-AES, Agilent, 4100), la determinación de P se realizó por espectroscopía Uv-Vis.

2.2.9 Cuantificación de clorofilas

La cuantificación de clorofilas se realizó de acuerdo al método de Arnon (1949) para lo cual 25 g del fruto fresco fueron mezclados con 100 mL de acetona al 80 %, a la que previamente se le agregó carbonato de sodio al 1 % (v/v). Se realizó una extracción durante 10 min en un baño ultrasónico. El extracto de la muestra se filtró a vacío y se centrifugó a

4000 RCF (fuerza centrífuga relativa) durante 10 min. Esta operación se repitió hasta que el color verde fue eliminado por completo a partir del residuo, los filtrados fueron homogeneizados y se midió la absorbancia de esta solución en un espectrofotómetro UV-Vis lambda E2150, a 663 y 645 nm para determinar clorofila *a* y *b*, respectivamente. El contenido de clorofila *a*, *b* y total fueron calculados mediante la ecuación de Arnon.

$$\text{Clorofila}_{total} = 8.02\ (ABS_{663}) + 20.21\ (ABS_{645})$$

$$\text{Clorofila}_{a} = 12.7\ (ABS_{663}) - 2.69\ (ABS_{645})$$

$$\text{Clorofila}_{b} = 22.9\ (ABS_{645}) - 4.68\ (ABS_{663})$$

2.2.10 Caracterización fisicoquímica

La concentración de sólidos solubles (°Brix) se determinó por el método AOAC (932.12) (AOAC, 2000), utilizando un refractómetro digital (Mettler Toledo-30PX®); la acidez titulable expresada como ácido cítrico fue determinada por el método AOAC (942.15) (AOAC, 2000). Todas las pruebas se realizaron por triplicado.

2.2.11 Determinación de la capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante se determinó por triplicado mediante el método descrito por Kim, Chun, Kim, Moon, & Lee (2003) y con modificaciones de Kuskoski, Asuero, Troncoso, Mancini-Filho & Fett (2005), basado en la reducción de la absorbancia a 517 nm del radical $DPPH^{\bullet}$ (2,2- Difenil-1-picrilhidrazilo), por los antioxidantes presentes en la muestra. Los resultados se expresaron en µmol equivalentes de Trolox por 100 g de fruto fresco (µmol ET $100g^{-1}$ p.f).

2.2.12 Determinación de ácido ascórbico

Se determinó de acuerdo al método Tillmans (AOAC, 2000). Se utilizó una solución estándar de L-ácido ascórbico (99 % de pureza, Sigma® Madison Wisconsin, USA). La

extracción se realizó en condiciones de oscuridad para evitar la degradación del ácido ascórbico. Este análisis se realizó en fruto fresco por triplicado. Los resultados fueron expresados como mg de ácido ascórbico por cada 100 g de fruto fresco ($mg100^{-1}$ g p.f).

2.2.13 Determinación de compuestos fenólicos totales

El contenido de fenoles totales se determinó en el fruto fresco de tomate verde, utilizando el método de Folin-Ciocalteau reportado por Singleton & Rossi (1965) con modificaciones, en el cual se empleó una mezcla de ácidos wolfrámico y fosfomolíbdico en medio básico, que se reduce al oxidar los compuestos fenólicos originando óxidos azules de wolframio y molibdeno. La absorbancia se midió a 750 nm en espectrofotómetro. Se realizó una curva de calibración usando ácido gálico como patrón. Los resultados se expresaron en mg de fenoles totales por 100 g de fruto fresco equivalentes a ácido gálico (mg FT 100 g^{-1} p.f EAG).

2.2.14 Análisis estadístico

A los datos se les realizó un análisis de varianza y cuando se encontraron diferencias estadísticas significativas se realizó una prueba de comparación de medias de Duncan ($p \leq 0.05$). Se utilizó el software estadístico InfoStat versión 2017.

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Rendimiento y biomasa seca

Con base en los resultados obtenidos, se observó que el contenido de biomasa seca de hoja (P, 0.08) y de tallo (P, 0.41) no fue diferente estadísticamente entre tratamientos, no así para la biomasa seca en raíz, donde se encontró el mayor contenido en las plantas tratadas con bocashi + fertilización química al 50 % (B-FQ 50 %) (53.3 g) y el menor contenido con fertilización química al 100 % (FQ 100 %) (23.9 g). Tampoco hubo variación en el rendimiento de fruto (kg/planta) (P, 0.24) (Tabla 2).

2.3.2 Contenido de n, p y k en hojas de tomate verde

La aplicación de los abonos no mostró aporte de fósforo (P, 0.58) y potasio (P, 0.469) en el follaje de las plantas de *P. ixocarpa*. En cambio, para el caso del contenido de nitrógeno (P, 0.028), el tratamiento con estiércol de ovino + fertilización química al 50 % (EO-FQ 100 %) (3.37 %) mostró estadísticamente mayor valor que FQ 100 % (2.67 %) (Tabla 3).

2.3.3 Variables fisiológicas

Los resultados muestran que la tasa de asimilación neta de carbono (A_N = fotosíntesis) fue estadísticamente similar en las plantas de los tres tratamientos (34.9 µmol m^{-2} s^{-1}). Sin embargo, la transpiración (E) fue estadísticamente superior en las plantas con EO-FQ 50 % (11.3 mmol m^{-2} s^{-1}) en comparación con las de B-FQ 50 % (10.2 mmol m^{-2} s^{-1}) y FQ 100 % (9.7 mmol m^{-2} s^{-1}). Por otra parte, tanto en la conductancia estomática (g_s), como en el carbono intercelular (C_i) y el uso eficiente del agua (EUA) fue superior en plantas con fertilización química al 100 % (1.6 mol m^{-2} s^{-1}, 294.9 µmol mol^{-1}, 3.6 µmol CO_2 mmol H_2O, respectivamente) (Tabla 4).

2.3.4 Composición proximal del fruto

Se observó que no existen diferencias estadísticas significativas en el contenido de humedad para los tres tratamientos, en donde se determinó que el fruto de tomate verde tiene un 90 % de la composición total. En los frutos con B-FQ 50 % y EO-FQ 50 %, los contenidos de cenizas fueron iguales estadísticamente (1.51, 1.3 % respectivamente) y ambas diferentes a los de FQ100 % (1.05 %), el contenido de proteína no presentó diferencias estadísticas en ningún tratamiento, a diferencia del contenido de grasa el cual fue igual estadísticamente entre B-FQ 50 % y FQ 100 %, ambos diferentes de EO-FQ 50 % en donde se encontró el mayor contenido de éste analito, asimismo se observó que la fibra cruda tampoco presentó diferencias estadísticas entre tratamientos (Tabla 5).

2.3.5 Contenido de minerales

Los resultados obtenidos, indicaron que en los abonos orgánicos la mayoría de los minerales analizados sobresalieron en contenido, cuando se usó B-FQ 50 % el Na en el fruto de tomate verde fue mayor que los contenidos encontrados en frutos tratados con EO-FQ 50 %. Sin embargo, se observó que el Cu, Fe y K mostraron un aumento en los frutos de plantas tratadas con EO-FQ 50 %. El fósforo fue igual estadísticamente entre EO-FQ 50 % y B-FQ 50 %, pero ambos diferentes de FQ 100 %. Zn, B, Ca y Mg no presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos (Tabla 6).

2.3.6 Contenido de clorofilas, acidez titulable y °brix

Los frutos obtenidos de plantas tratadas con EO-FQ 50 % y FQ 100 % fueron iguales estadísticamente y superiores en cuanto al contenido de clorofila *a*, clorofila *b* y clorofila total y ambos diferentes de B-FQ 50 %.

La clorofila *a* fue la que se encontró en mayor cantidad para todos los tratamientos. Por el contrario, se observó en el contenido de la acidez titulable del fruto el valor más elevado en

el tratamiento con B-FQ 50 %, para el caso de los °Brix todos los tratamientos presentaron diferencias estadísticas entre sí, los mayores valores se obtuvieron con FQ 100 % (Tabla 7).

2.3.7 Antioxidantes

En la tabla 8 se indica que la capacidad antioxidante de frutos entre los tratamientos fue igual, sin diferencias estadísticas, el mismo comportamiento se presentó en el porcentaje de inhibición y el contenido de ácido ascórbico para B-FQ 50 % y FQ 100 % pero ambas diferentes de EO-FQ 50 %, en donde se observó el valor más bajo de ésta vitamina.

Los niveles de fenoles totales fueron iguales para EO-FQ 50 % y B-FQ 50 %. Ambos resultaron estadísticamente iguales entre si y diferentes de FQ 100 % donde se presentó el nivel mínimo de 12 mg EAG g^{-1}.

2.4 DISCUSIÓN

La producción de biomasa de hoja y tallo resulto igual en las plantas tratadas con abonos orgánicos y fertilización química, sin embargo, la biomasa de raíz, fue superior en las plantas tratadas con abonos orgánicos, en particular con bocashi + fertilización química al 50 % (B-FQ 50 %). La producción de frutos fue similar en los tres tratamientos. La adición de abonos orgánicos podría utilizarse como sustituto parcial de los fertilizantes químicos sin afectar el rendimiento de fruto, como lo reportan en el cultivo de tomate rojo (*L. esculentum L. cv. Momotaro* T 96) (Hui, Ran, Amin & Mridha, 2001). Incluso, algunos parámetros de crecimiento de biomasa, en especial de raíz puede incrementar por uso de los abonos orgánicos, como lo registra Mehdizadeh *et al*. (2013) quienes al aplicar abonos orgánicos obtuvieron aumento significativo en crecimiento en brotes y raíces en tomate rojo. Las mejoras en el crecimiento y rendimiento de las plantas tratadas con abonos orgánicos también podrían atribuirse parcialmente a grandes aumentos en la biomasa microbiana del suelo, que conducen a la producción de hormonas que actúan como reguladores del crecimiento de las plantas (Tu, Ristaino & Hu, 2006).

El contenido de elementos minerales en el follaje mostró diferencias estadísticas entre estiércol de ovino + fertilización química al 50 % (EO-FQ 50 %) y fertilización química al 100 % (FQ 100 %) para los niveles de N total, en tanto que para P y K no se observó variación. Esto se puede explicar porque la adición de estiércol de ovino permitió cantidades importantes de N en el suelo (Tabla 1).

En los resultados se observó que la fertilización con abonos orgánicos no afectó la respuesta fotosintética de las plantas (Tabla 4). Por otra parte, la transpiración fue inferior en las plantas con fertilización química, lo cual coincide con el tamaño de biomasa de raíces; en este sentido, consideramos que menor área de raíz influyó en menos área de contacto con la humedad del suelo y como consecuencia una mayor restricción en el gasto de agua de las plantas. La conductancia estomática y uso eficiente de agua fue menor en plantas tratadas con abonos orgánicos. En el estudio de Ronga *et al*., (2015) también encontraron que las plantas de tomate fertilizadas con abonos orgánicos presentaron menor uso eficiente de agua. Sin embargo, para el caso de la conductancia estomática esos autores no encontraron un patrón consistente del efecto del abonado orgánico, ya que la respuesta dependió del ciclo y

la variedad del cultivo. Por otra parte, el carbono intercelular fue superior en las plantas con FQ 100 %, lo cual indica que estas plantas acumularon más carbono en los espacios aéreos intercelulares esperando a ser carboxilado en el ciclo de Calvin-Benson (Ehleringer and Cerling, 1995).

En cuanto a la humedad encontrada en el fruto el 90 % se considera un valor elevado, pero característico de los frutos y similar a lo reportado por Cantwell, Flores-Minutti, & Trejo-González, (1991) para *P. ixocarpa*. A su vez, el porcentaje de cenizas es un indicativo de los minerales que se pueden encontrar en el fruto, el valor más bajo (1.05 %) se encontró en FQ 100 % y difiere de los contenidos reportados por Oztrzycka, Horbowicz, Dobrzanski, Leszek, & Borkowski (1988) para el tomate verde Rendidora B1, cuyos valores fueron 7.6 y 8.2 % de cenizas.

Respecto al contenido de proteína (8.08-9.64 %), también difiere de lo reportado por Oztrzycka *et al*. (1988) quienes encontraron valores de 12.25 a 14.9 %. En el presente estudio los valores fueron ligeramente menores que los reportados en literatura y no se observó que el abonado orgánico ejerciera algún efecto sobre esta variable.

En relación al contenido de grasa, se observó que los frutos con EO-FQ 50 % tuvieron el mayor valor (2.5 %), por lo que sería interesante realizar estudios sobre los ácidos grasos específicos que están presentes en el fruto, los cuales podrían influir sobre el sabor o las propiedades benéficas a la salud por su consumo. En la fibra cruda tampoco se observó algún efecto de los tratamientos aplicados respecto al incremento o disminución.

El el tipo de fertilización afectó la concentración de Cu, Fe y K, éstos minerales se encontraron en mayor contenido en EO-FQ 50 %, adicionalmente el K sobresalió en contenido respecto a los demás minerales analizados en todos los tratamientos, el valor supera la ingesta diaria recomendada por la OMS (2013) (3510 mg) para adultos, (Tabla 6), en el caso del Na, éste presentó un mayor contenido en B-FQ 50 % y los niveles presentes en el tomate verde cubren parcialmente la recomendación de ingesta diaria recomendada (2000 mg). pero eleva los niveles recomendados para potasio (1200 mg), Cu (0.2 mg) y Fe (6-28 mg), (Passmore, Nicol, Narayana-Rao, Beaton, Demaeyer, 1975; OMS, 2013).

De manera general se observa que EO-FQ 50 % es el tratamiento en el que la mayoría de los minerales predominan, es probable que esa respuesta obedezca al efecto del contenido de materia orgánica, en la Tabla 1 donde se informa la composición química de los suelos

después de la fertilización orgánica, se observa que EO-FQ 50 % sobresale en contenido de materia orgánica, N, P y Mg. En este sentido, la materia orgánica es importante para el desarrollo de las plantas, libera nutrientes y mejora las propiedades del suelo a su vez, promueve la actividad radicular, los nutrientes liberados de los materiales orgánicos están en equilibrio con diversos elementos y algunas sustancias son fisiológicamente activas (Bilalis *et al*., 2016).

Según Barone, Caruso, Marra, & Sottile (2001) mencionado por (González-Mendoza *et al*., 2011) el fruto de *P. ixocarpa* no se incluye en los cultivares dulces (acidez titulable < 1 %). Sin embargo, los valores obtenidos para la acidez titulable estuvieron por arriba de 1 %. El contenido de °Brix fue menor (6-7 °Brix) para los frutos de este estudio comparados con los reportados por González-Mendoza *et al.* (2011) excepto para el genotipo 14-130 ICTS-UDG con un valor de 5.07 °Brix, los demás genotipos mostraron valores superiores de 7.73 para 17-196 ICTS-UDG hasta 9.23 para 012-048 ICTS-UDG. La diferencia de los °Brix o sólidos solubles entre los frutos, puede diferir entre especies debido al grado de madurez, el aumento de los sólidos solubles durante la maduración de los frutos climatéricos se da por la actividad de la enzima sacarosa fosfato sintasa que es responsable de hidrolizar los gránulos de almidón. Por otra parte, las protopectinas en las paredes celulares se hidrolizan a pectinas solubles lo que contribuye al aumento de la concentración de los sólidos solubles durante el proceso de maduración (González-Loaiza, Ordoñez-Santos, Vanegas-Mahecha, Vásquez-Amariles, 2014).

Las clorofilas son pigmentos presentes en la mayoría de los frutos verdes, en tomate verde éste pigmento decrece con el paso de los días, los valores observados de clorofila total en el fruto fueron mayores en FQ 100 %, éstos pigmentos están relacionados con la presencia del Mn, que es un micronutriente esencial para la síntesis de clorofila, su función principal está relacionada con la síntesis de enzimas como la arginasa y fosfotransferasa (Hernández-Sigala *et al*., 2014), probablemente los fertilizantes orgánicos presentaron en menor cantidad a éste micronutriente ya que contienen menor cantidad de nutrimentos en comparación con los fertilizantes químicos (Carvajal y Mera, 2010).

Asimismo, se pudo constatar que la clorofila *a* para todos los tratamientos predominó con relación a la clorofila *b*, los resultados encontrados en éste trabajo resultaron inferiores a lo encontrado por Cantwell *et al*. (1991) para *P. ixocarpa*. quienes reportan que el fruto contiene

hasta 53 mg kg^{-1} de clorofila total. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la concentración de pigmentos varía con la edad, madurez y tipo de especie, además el contenido de pigmentos fotosintéticos puede cambiar como respuesta a factores de estrés, a la capacidad fotosintética o al estado de desarrollo de la planta (Casierra-Posada, Ávila-León, Riascos-Ortíz, 2012), por lo tanto, debido a esto se podrían explicar las diferencias entre los frutos de éste trabajo y lo reportado por Cantwell *et al*. (1991).

Los valores encontrados de ácido ascórbico (vitamina C) fueron iguales estadísticamente entre tratamientos. Los contenidos encontrados (12.55-13.10 mg 100 g^{-1}) fueron similares a lo reportado por Oztrzycka *et al*. (1988) para tomate verde rendidora B1 (8.1-15 mg 100^{-1}) y dependiendo de la temporada de cosecha.

La importancia del conocimiento de los antioxidantes se debe a que además de que afecta la vida útil de los frutos y vegetales, éstos son capaces de proteger a las células contra los radicales libres causantes de enfermedades crónico-degenerativas entre ellas el cáncer (Elmann, Garra, Alkalai-Tuvia, & Fallik, 2016) y su consumo podría ejercer un impacto benéfico sobre la salud de los humanos.

El fruto presentó un elevado porcentaje de inhibición antioxidante que resultó mayor al 50 %. Además del ácido ascórbico y los compuestos fenólicos, *P. ixocarpa* tiene una importante variedad de compuestos antioxidantes presentes en sus raíces, tallos, hojas y frutos, los compuestos fenólicos juegan un papel trascendental en las plantas, también se han revelado como importantes marcadores quimiotaxonómicos, han mostrado una amplia diversidad de propiedades biológicas como antiinflamatorias, antimelanogénico además de las antioxidantes (Cobaleda-Velasco *et al*., 2018). Los resultados del presente estudio evidenciaron que *P. ixocarpa* es una importante fuente de compuestos antioxidantes como los fenoles totales en dónde, se puede relacionar la fertilización orgánica con el aumento de la cantidad de estos metabolitos secundarios, se encontraron niveles máximos de 18 mg EAG g^{-1} de fruto fresco para EO-FQ 50 %. En contraste con lo reportado por González-Mendoza *et al*. (2011) para algunos genotipos de *P. ixocarpa* que presentaron valores entre 4.68 mg EAG g^{-1} y 9.65 mg EAG $g-^{1}$, los tomates de nuestro estudio duplicaron esos valores.

2.5 CONCLUSIONES

El análisis del contenido mineral (N, P, K) del follaje mostró que la adición de estiércol de ovino permite mayor acumulación de N en la planta y EUA. El proceso de transpiración no mostró diferencia estadística entre tratamientos, la conductancia estomática y el carbono intercelular fue mayor en el tratamiento químico al 100 %. Respecto a la calidad del fruto, ésta se vio favorecida con el uso de abono orgánico + 50 % de fertilización química en algunos parámetros como el aumento de grasa, los minerales Cu, Fe, P, Ca, K y el contenido de fenoles totales. Sin embargo, los contenidos de clorofilas fueron mayores en la fertilización química al 100 %.

Por lo anterior, se podría recomendar el uso de estiércol de ovino + 50 % y fertilización química pues la adición de éste, iguala los rendimientos al mismo nivel de la fertilización química y mejora la calidad de fruto de tomate verde (*P. ixocarpa*).

2.6 REFERENCIAS

Arnon, D. 1949. Coper enzymes in isolated Chloroplast Polyphenoloxidasa in Beta Vulgaris. Plant Physiology. 24: 1-15.

Association of Official Agricultural Chemists . 2000. Washington, D.C. 1(17).

Barone, T., Caruso, T., Marra, F.P., Sottile, F. 2001. Preliminar observations on some sicilian pomegranate (Punica granatum L.) varieties. Journal of the American Pomological Society, 55(1): 4-7.

Bilalis, D., Tabaxi, I., Zerbas, G., Tsiplakou, E., Travlos, I., Kakabouki, I., Tsioros, S. 2016. Chia (Salvia Hispanica) fodder yield and quality as affected by sowing rates and organic fertilization. comunications in soil science and plant analysis. 1-18. doi:10.1080/00103624.2016.1206921.

Biblioteca Electrónica de Documentación Científica Sobre Medidas Nutricionales. Organización Mundial de la Salud. 2019. https://www.who.int/elena/titles/potassium_cvd_adults/es/

Carvajal, M.J., Mera, B.A. 2010. Fertilización biológica: Técnica de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. 5: 78-96.

Casierra, P. F., Ávila. L. OF., Riascos, O. DH. 2012. Cambios diarios del contenido de pigmentos fotosintéticos en hojas de caléndula bajo sol y sombra. Revista Temas Agrarios, 17 (1). DOI: https://doi.org/10.21897/rta.v17i1.697.

Cantwell, M., Flores, M. J., Trejo, G. A. (1991). Developmental changes and posharvest physiology and tomatillo fruits (Physalis ixocarpa Brot.). Scientia Horticulturae. 50:59-70.

Cerrato, E., Leblanc. H., Kameko, C. 2007. Potencial de mineralización de nitrógeno de bocashi, compost y lombricompost producidos en la universidad Earth. Tierra Tropical, 3(2):183-197.

Claassen, V., Carey, J.L. 2004. Regeneration of nitrogen fertility in disturbed soils using compost. Asian journal of soil science and plant nutrition. 12(2): 145-152. doi:10.1080/1065657X.2004.10702173

Cobaleda, V. M., Almaraz, A. N., Alanis, B. R.E., Uribe, S. J.N., González, V. L.S., Muñoz, H. G, . . . Rojas, L. M. 2018. Rapid determination of phenolics, flavonoids and antioxidant properties of physalis ixocarpa brot. ex hornem and physalis angulata l. by infrared spectroscopy and partial least squares. analytical letters. 51(4): 523-536. doi:10.1080/00032719.2017.1331238

Cruz,K. Y., Alayón, G. J.A., Morón, R. A. 2017. Avances en investigación agropecuaria. Revista de Investigación y Difusión Científica Agropecuaria. 41-53.

Elmann, A., Garra, A., Alkalai, T. S., Fallik, E. 2016. Influence of organic and mineral-based conventional fertilization practices on nutrient levels, anti-proliferative activities and quality of sweet red peppers. Israel Journal of Plant Sciences. 63(1): 1-7. doi:10.1080/07929978.2016.1151286

González, M. D., Ascencio, M. D., Hau-Poox, A., Méndez,T. V., Grimaldo,J. O., Santiaguillo, H. J.F., . . . Avilés, M. S.M. 2011. Phenolic compounds and physicochemical analysis of physalis ixocarpa genotypes. Scientific research and essays. 6(17):3808-3814. doi:10.5897/SRE11.570.

González, L. D., Ordoñez, S. L., Vanegas, M. P., Vásquez, A. H. 2014. Cambios en las propiedades fisicoquímicas de frutos de lulo (Solanum quitoense lam.) cosechados en tres grados de madurez. Acta agronómica. 63 (1): 1-9.

Hernández, S. R., Sánchez, C. E., Guerrero, M. S., Rivas, L., B.A., Anchondo, N.A.2014. Fertilización orgánica complementada con inorgánica en pistacho: efecto sobre la dinámica nutricional foliar y rendimiento. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 5(4):605-617.

Hui, L., Ran, W., Amin, U., Mridha .2001. Effects of organic fertilizers and microbial inoculant of leaf photosynthesis and fruit yield and quality of tomato plants. Journal of crop production. 3(1):173-182. doi:10.1300/J144v03n01_15.

Kim, D., Chun, O.K., Kim, Y.J., Moon, H.Y., Lee, C.Y. 2003. Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. Journal of agricultural and ffood chemistry. 51: 6509-6515. doi:10.1021/jf0343074.

Kuskoski, M., Asuero, A.G, Troncoso, A.M., Mancini, F.J., Fett, R. 2005. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. Ciencia e tecnología de alimentos. 25(4): 726-732. doi:10.1590/S0101-2005000400016.

Luna, M. R., Reyes, P. J.J, Espinoza, C. K.A., Luna, M. M.V., Luna, Q. F.V., Celi, M. M.V., . . . González, R. J.C. 2016. Efecto de diferentes abonos orgánicos en la producción de tomate (Solanum Lycopersicum). Biotecnia, XVIII. 33-36.

Mehdizadeh, M., Darbandi, E.I., Naseri, R. H., Tobeh, A. 2013. Growth and yield of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) as influenced fertilizers. by different organic international Journal of agronomy and plant production. 4(4): 734-738.

Medrano. R., Almaraz, A. N., González, E. M.S., Uribe, S. J.N., González, V. L.S., Herrera, A. Y. 2015. Phenolic constituents and antioxidant properties of five wild species of physalis (Solanaceae). Botanical studies. 56(1):24. doi:10.1186/s40529-015-0101.

Onwu, A., Osujieke, N.D., Gani, A.T., Ali, A. 2018. Influence of organic fertilizer (nomau) on soil, leaf nutrient content and yield of physic nut (jatropha curcas) in makurdi, north central nigeria. Asian journal of soil science and plant nutrition. 3(2): 1-11. doi:10.9724/AJSSPN2018/42090.

Oztrzycka, J., Horbowicz, M., Dobrzanski, W., Leszek, S., Borkowski, J. 1988. Nutritive value of tomatillo fruit (Physalis ixocarpa brot.). Acta societatis. 57: 507-521.

Passmore, R., Nicol, B.M., Narayana, R., Beaton, G., Demaeyer, E. 1975. Manual sobre necesidades nutricionales del hombre. Organización mundial de la salud. Ginebra: FAO y OMS

Ramos, A. D., Terry, A. E. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. Cultivos Tropicales. 35(4): 52-59.

Riahi, A., Hdider, C., Sanaa, M., Tarchoun, N., Ben, M., Kheder, I., Gueza, I. 2009. The influence of different organic fertilizers on yield and physico-chemical properties of organically grown tomato. International journal of agricultural sustainability. 33(6): 658-673.

Ronga, D., Lovelli, S., Zaccardelli, M., Perrone, D., Ulrici, A., Francia, E., . . . Pechioni, N. 2015. Physiological responce of processing tomato in organic and conventional mediterranean cropping system. Scientia horticultura. 190: 161-172. doi:10.1016/j.scientia.

Servicio de Información Agro Alimentaria y Pesquera (SIAP). (2018).

Servicio de Información Agro Alimentaria y Pesquera (SIAP). (2017).

Singleton, V., Rossi, JA.1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American journal of enology and viticulture home. 16:144-158.

Soria, F.M., Tun, S.J., Trejo, R.A., Terán, S.R. 2002. Paquete tecnológico para la producción de chile habanero (Capsicum chinense Jacq.). SEP. DGTA. ITA-2 Conkal, Yuc, México. 75 p.

Taiwo, L., Adediran, J.A, Sonubi, O.A. 2007. Yield and Quality of tomato grown with organic and synthetic fertilizers. International journal vegetable science. 13(2): 5-19. doi:10.1300/J512v13n02_02

Tu, C., Ristaino, J.B, Hu, S. 2006. Soil microbial biomass and activity in inorganic tomato farming systems: effects of organic inputs and straw mulching, soil. Biochemical. 38:247-255.

LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. Composición química de los suelos después de adición de abonos orgánicos.

Abono orgánico adicionado	pH	CE	MO	N	P	Na	K	Ca	Mg
Bocashi	7.9	2.5	12.1	80.4	82.4	1460	10,200	1380	380
Estiércol de ovino	8.2	2.2	16.8	81.9	91.0	1400	9500	1260	510
Sin abono	8.0	1.4	14.2	64	72	850	9000	1180	420

CE: conductividad eléctrica ($ms.cm^{-1}$), MO: materia orgánica (%), N: nitrógeno total (%), P: fósforo ($mg\ kg^{-1}$), Na: sodio ($mg\ kg^{-1}$), potasio (($mg\ kg^{-1}$), Ca: calcio ($mg\ kg^{-1}$), Mg: magnesio ($mg\ kg^{-1}$).

Tabla 2. Efecto de adición de abonos orgánicos y fertilización química en la biomasa y rendimiento de fruto comercializable.

Tratamiento	Biomasa (g)			Rendimiento (kg/planta)
	Hoja	Tallo	Raíz	
B-FQ 50 %	30.4 ± 3.5	57.9 ± 3.5	53.3 ± 10.7 a	1.7 ± 0. 3
EO-FQ 50 %	37.3 ± 5. 5	74.2 ± 5. 5	34.4 ± 7.0 ab	1.8 ± 0.3
FQ100 %	44.2 ± 6.1	79. 5 ± 6.1	23.9 ± 5.3 b	1.0 ± 0.03
Valor de P	0.0856	0.4108	0.0184	0.241

Los datos son medias ± error estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos de acuerdo a la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

Tabla 3. Efecto de la adición de abonos orgánicos y fertilización química en el contenido de (NPK) en hojas de *P. ixocarpa*.

Tratamiento	N total (%)	P total (mg kg^{-1})	K total (mg kg^{-1})
B-FQ 50 %	2.9 ± 0.12 ab	1479.8 ± 84.21	30742.1 ± 1372.02
EO-FQ 50 %	3.4± 0.20 a	1720.2 ± 186.38	30024.2 ± 926.63
FQ 100 %	2.7 ± 0.15 b	1565.9 ± 177.55	28433.3 ± 1801.06
Valor de P	0.028	0.586	0.469

Los datos son medias ± error estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos de acuerdo a la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

Tabla 4. Efecto de la adición de abonos orgánicos y fertilización química en los valores medios de las variables fisiológicas por tratamiento.

Tratamiento	A_N (µmol m^{-2} s^{-1})	E (mmol m^{-2} s^{-1})	g_s (mol m^{-2} s^{-1})	C_i (µmol mol^{-1})	EUA (µmol CO_2 mmol H_2O)
B-FQ 50 %	34.6 ± 0.47	10.3 ± 0.12 b	1.4 ± 0.04 b	289.2 ± 0.75 b	3.4 ±0.02 b
EO-FQ 50 %	35.2 ± 0.39	11.3 ± 0.10 a	1.3 ± 0.02 c	282.9 ± 1.02 c	3.11 ± 0.02 c
FQ 100 %	35.2 ± 0.25	9.7 ± 0.08 c	1.62 ± 0.03 a	294.9 ± 1.03 a	3.6 ± 0.03 a
Valor de P	0.366	0.048	0.001	0.0001	0.0001

Los datos son medias ± error estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos de acuerdo a la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

Tabla 5. Efecto de la adición de abonos orgánicos y fertilización química en la composición proximal del *P. ixocarpa*

Tratamiento	Humedad	Cenizas	Proteína	Grasa	Fibra cruda	ELN
B-FQ 50 %	90 ± 0.73	1.5 ± 0.09 a	9.6 ± 1.07	1.9 ± 0.04 a	4.8 ± 0. 63	82 ±1.24
EO-FQ 50 %	90 ± 0.16	1.3 ± 0.06 a	8.4 ± 0	2.5 ± 0.23 b	4.9 ± 0.53	83 ± 0.84
FQ100 %	90 ±0.35	1.05 ± 0.07 b	8.1 ± 0.32	1.9 ± 0.02 a	4.3 ± 0. 24	85 ± 0.22
Valor de P	0.720	0.017	0.252	0.043	0.583	

Los datos son medias ± error estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos de acuerdo a la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

Tabla 6. Efecto de la adición de abonos orgánicos y fertilización química en el contenido de minerales (mg kg^{-1}) de *P. ixocarpa*

Tratamiento	Zn	B	Cu	F e	K	Ca	Na	Mg	P
B-FQ 50 %	26.0 ± 4.7	10.6 ±0.27	4.9 ±0.17 a	52.6 ± 2 a	23367.2 ± 161 a	1213.0 ± 0.66	1333.5 ± 208 a	874.4 ± 7	2318.6 ± 70 a
EO-FQ 50 %	31.7 ±0.11	8.6 ± 0.08	7.0 ± 0.70 b	107.9 ±7.5 b	26609.8 ±28 c	1534.3 ±4	656.9 ±40 b	757.3 ±0.93	2480.6 ±20 a
FQ100 %	25.3 ±1.4	9.8 ± 0.45	6.0 ±0.45 ab	58.0 ±2 a	21923.3± 269 b	1041.1 ±310	602.6 ±94 b	743.1 ±0.01	2068.8 ±37 b
Valor de P	0.702	0.130	0.050	0.0002	0.0007	0.466	0.040	0.183	0.0024

Los datos son medias ± error estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos de acuerdo a la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

Tabla 7. Efecto de la adición de abonos orgánicos y fertilización química en el contenido de clorofilas, acidez titulable y °Brix de *P. ixocarpa*

Fertilización	C_a (mg kg^{-1})	C_b (mg kg^{-1})	C_{total} (mg kg^{-1})	Acidez titulable (%)	°Brix
B-FQ 50 %	3.6 ± 0.37 a	2.2 ± 0.11 a	5.8 ± 0.25 a	2.1 ± 0.12 a	6.5 a
EO-FQ 50 %	11.9 ± 0.53 b	5.6 ± 0.53 b	17.6 ± 1.07 b	1.5 ± 0.24 b	6.0 c
FQ100 %	16.8 ± 0.15 b	7.1 ± 1.08 b	23.8 ± 1.24 b	1.5 ± 0.05 b	7.0 b
Valor de P	0.007	0.004	0.006	0.050	0.0001

Los datos son medias ± error estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos de acuerdo a la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

Tabla 8. Efecto de la adición de abonos orgánicos y fertilización química en la capacidad antioxidante del fruto de *P. ixocarpa*

Tratamiento	DPPH µmol Trolox 100g^{-1}	% de inhibición	Vitamina C (mg 100 g^{-1})	Fenoles totales (mg EAG g^{-1})
B-FQ 50 %	1123 ± 0.008	56.1 ± 0.8	13.1 ± 0.18	17 ± 0.22 a
EO-FQ 50 %	1119 ± 0.002	55.9 ± 0.02	12.5 ± 0	18 ± 1.45 b
FQ100 %	1119 ± 0.12	55.9 ± 0.01	12.9 ± 0	12 ± 0.51 c
Valor de P	0.670	0.858	0.07	0.0001

Los datos son medias ± error estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos de acuerdo a la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

CAPÍTULO lll.- EFFECTS OF THE INCORPORATION OF BIORATIONAL INSECTICIDES FOR PEST MANAGEMENT TREATMENTS ON PHYTOPHAGOUS INSECTS, FRUIT YIELD, AND BEE ABUNDANCE IN TOMATILLO

(Este capítulo fue sometido a la revista Archives of Phytopathology and Plant Protection. Autores: E E Montejo-Canul[1], A Aguiñaga-Bravo[1], E Ruiz-Sánchez[1]*, H Ballina-Gómez[1], A González-Moreno[1], L Latournerie-Moreno[1], R Martín-Mex[2], R Garruña-Hernández[3]. Estatus del artículo "en revisión")

This study was conducted to evaluate the effects of incorporation of biorational insecticides into pest management treatments in tomatillo. The abundance of flower visiting bees in both crop species was also evaluated. The treatments that incorporated biorational insecticides had sligtly lower effects ($P < 0.05$) than the conventional treatment on *Liriomyza trifolii* and *Epitrix cucumeris*. Marketable fruit yield was not significanlty different ($P > 0.05$) among pest mamagement treatments. Higher abundance ($P < 0.05$) of *Apis mellifera* and lower abundnace ($P < 0.05$) of *Trigona nigra* were observed in plants treated with Bio-1 relative to those treated with Bio-2.

Keywords: Biorational insecticides; pest management; bee abundance; solanaceous crops

3.1 INTRODUCTION

Tomato (*Solanum esculentum* L.) and tomatillo (*Physalis ixocarpa*) are two important solanaceous crops in tropical America. The fruits of these horticultural crops are well appreciated for fresh market consumption and for agroindustrial purposes (Knapp and Peralta 2016; Valdivia *et al.* 2016). One of the limiting factors in tomate and tomatillo production under field contions is the incidence of phytophagous insects (Diatte *et al*. 2018; Ramírez *et al*. 2018). Tomatillo is commonly affected by the leafminer (*Liriomyza* sp.), the flea beetle (*Epitrix cucumeris*) and the fruitworm (*Heliothis subflexa*) has been also reported in this crop (Muniz *et al*. 2014; Valenzuela *et al*. 2015).

To manage pest insects in solanaceous crops a wide array of chemical insecticides have been used. In conventional production systems, the number of insecticide sprays per growth cycle ranges from 10 to 20, depending on the degree of technification (Reddy and Miller 2014; Smith and Nagle 2014). The constant use of chemical insecticides has been linked to the insect resistance (Hawkins *et al.* 2018; Basit 2019), soil and water polution (Rodriguez *et al.* 2018), residues in fruits (Jallow *et al*. 2017) and decrease in beneficial insects (Jacob *et al*. 2019; Sánchez and Wyckhuys 2019). Various attemps have been made to use integrated pest management in horticultural crops (Kuhar *et al.* 2006; Reddy *et al*. 2018). In tomatillo, no studies have been undertaken the use of biorational products for pest management.

The present work was carried out to evaluate the incorporation of biorational insecticides into treatments for pest management on the density of the population and the damage of insect pests in tomatillo. In addition, the impact of the application of biorational insecticides was also evaluated on the abundance of flower visiting bees.

3.2 MATERIALS Y METHODS

3.2.1 Site description

The experiment was conducted at the horticultural production and research unit at the Instituto Tecnológico de Conkal (21°4'N and 89°31'W) in Yucatan, Mexico. The experiment was established in a Leptosol soil, with the following characteristics: pH: 8.0, electric conductivity: 1.4 ms cm^{-1}, organic matter: 14.2%, total N: 63.9 %, P: 82 mg/kg, Na: 850 mg/kg, K: 9000 mg/kg, Ca: 1180 mg/kg, Mg: 420 mg/kg.

3.2.2 Plot design and crop establishment

The plot treatments were arranged in a randomized block design and were separated from other plots in buffer zones of 1.2 m to prevent contamination for insecticides drift. For tomatillo, plants of 20 days of age were transplanted with a space of 1.2 m between rows and 30 cm between plants within rows. Four treatments with four replicates were established, which resulted in a total of 16 plots for the experiment. Each plot consisted of 2 rows of 15 tomatillo plants, for a total of 30 plants per plot. Fertilizers were applied through a drip irrigation system based on the crop growth stage (Table 1).

3.2.3 Treatment procedure

Biorational pest management treatments included botanical insecticides, insect growth regulators and microbial insecticides. Conventional treatments (the growers practice) included only chemical insecticides. The insecticides were applied individually or in combinations (Table 2). The applications were made at the established time intervals normally practiced by farmers. The rates of insecticides were calculated based on the following amount of spray solution: 250 L/ha for small plants (up to 45 DAT) and 350 L/ha

for large plants (45 DAT until harvest) for tomatillo. Insecticide applications were carried out by a motorized backpack sprinklers (STIHL SR-430), calibrated to deliver the desired amount of spray per hectare.

3.2.4 Pest insects sampling in tomatillo

To determine the infestation of flea beetle (*Epitrix cucumeris*) and leafminer (*Liriomyza* sp.), 10 plants per plot were evaluated, for a total of 40 plants per treatment. Leaf sampling was carried out at 14, 21 and 28 DAT. To evaluate the effect of treatments on infestation, the number of leaves per plant with damage of each pest insect was counted, and the degree of leaf damage was recorded as damage index based on corresponding scales. For *E. cucumeris*, the scale consisted of five levels based on leaf area consumed (Díaz *et al*. 2004): level 1, 0 - 20 %; level 2, 20 - 40 %; level 3, 40 - 60 %; level 4, 60 - 80 %; level 5, 80 - 100 %. For *Liriomyza* sp., the scale consisted of five leves based on the number of mines in leaves (Lopez *et al.* 2010): level 1, 0 - 20 %; level 2, 20 - 40%; level 3, 40 - 60 %; level 4, 60 - 80%; level 5, 80 - 100%.

Figure 1. Scale of damage by the flea beetle (Epitrix cucumeris).

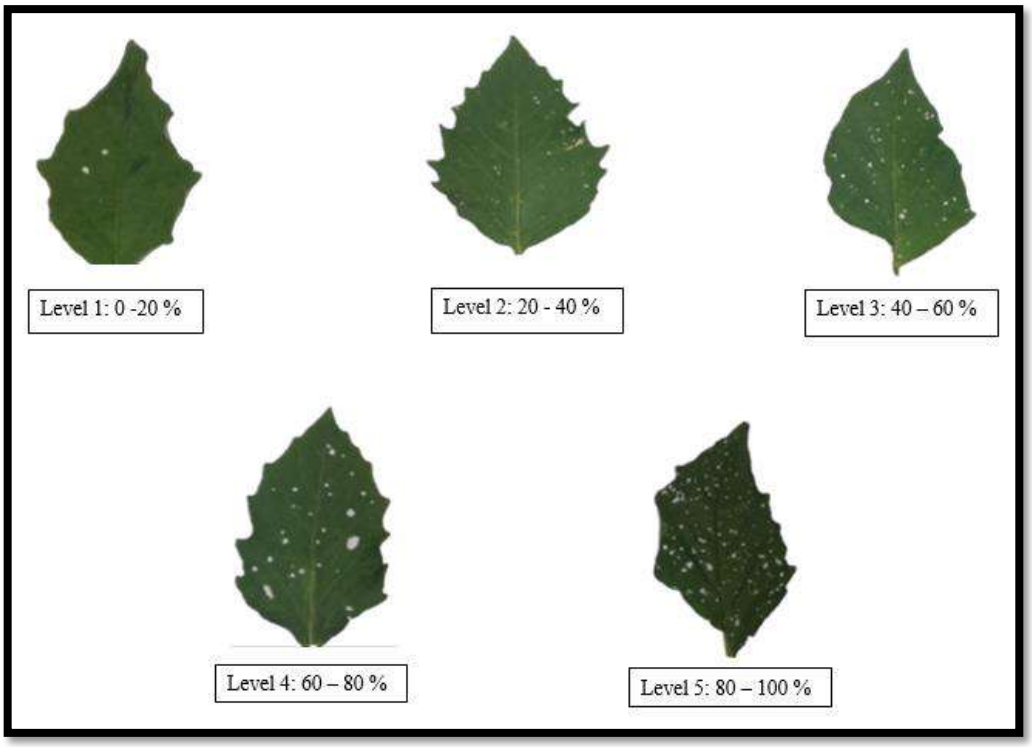
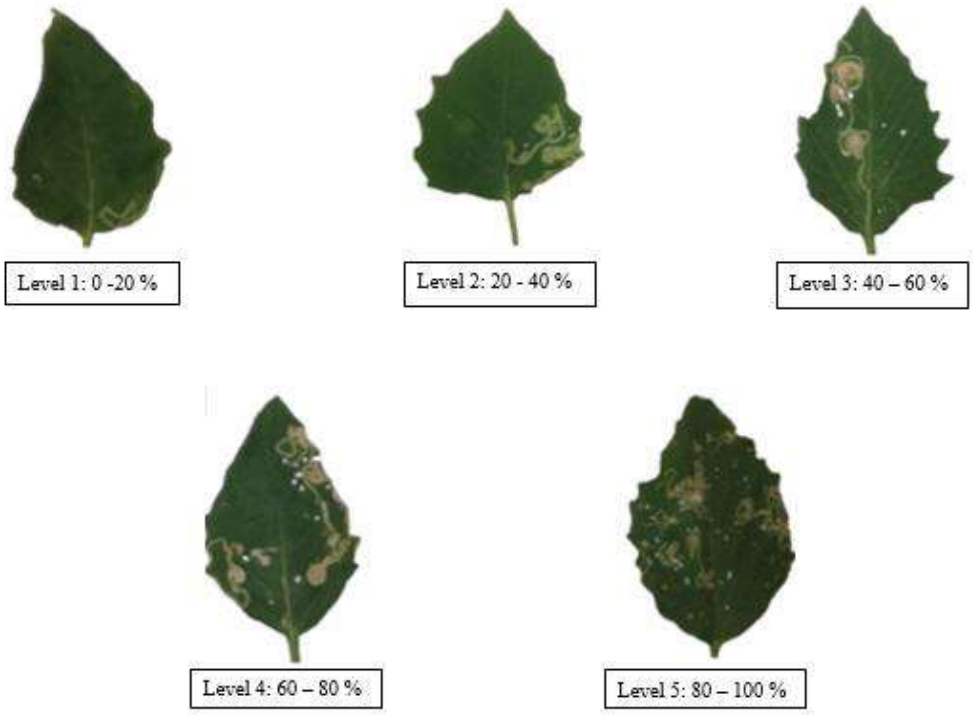


Figure 2. Scale of damage by the leafminer (*Liriomyza* sp.).



3.2.5 Abundance of flower visitng bees

Native stingless bees and honeybees visiting flowers were collected at flowering period in both crops. Bee collecting period for tomatillo was from 40 to 65 DAT. Bee sampling was carried out at intervals for twice a week. Bees were directly collected using cone-type sweeping nets and suction mouth aspirators. Collectors remained for 25 minutes in each plot to observe 20 plants of the central area where all visiting bees were collected. Bees were sampled from 8:00 to 11:00 h. Collected bees were kept in 70% alcohol and taken to the laboratory for identification with taxonomic keys (Michener *et al*. 1994; Goulet and Huber 1993).

3.2.6 Fruit yield

Fruits were harvested and yield was recorded with only undamaged (marketable) fruits. Fruits were graded and the total fruit yield was divided by the number of plants in each plot. Fruit yield was reported as kg/plant.

3.2.6 Data analysis

Analysis of variance and Tukey mean comparison were performed for number of damaged leaves by *E. cucumeris* and *Liriomyza* sp, fruit yield, abundance of flower visiting bees. Kruskal-Wallis non-parametric test was performed for the severity and the damage index in leaves by *E. cucumeris* and *Liriomyza* sp. All data were analyzed in the statistical software InfoStat (Di Rienzo *et al.* 2007). Difference were considered significant if $P < 0.05$.

3.3 RESULTS

3.3.1 Damage by pest insects and fruit yield in tomatillo

The number of leaves/plant with *Liriomyza* sp. damage and the damage index was recorded at 7, 14 and 21 DAT. The number of leaves/plant with damage was not significantly different among treatments at 7 DAT. However, at 14 and 21 DAT lower number of leaves/plant with damage was observed in plots with conventional treatments relative to those with the biorational treatment Bio-3 (Table 3). The damage index in plants was not significanlty different among treatments at 7 and 14 DAT. However, at 21 DAT, the damage index was lower in plants of plots with conventional treatment relative to those with the biorational treatment Bio-3 (Table 3).

The number of leaves/plant with *E. cucumeris* damage and the damage index was recorded at 7, 14 and 21 DAT. Lower number of leaves/plant with *E. cucumeris* damage was observed in plots with conventional treatment relative to those treated with Bio-2 at 7 and 21 DAT. However, at 14 DAT no diffence among treatments was observed (Table 4). The damage index was significanlty lower in plants of plots with conventional treatment relative to those treated with Bio-1 and Bio-3 at 7 DAT, and with Bio-2 and Bio-3 at 14 and 21 DAT (Table 8).

Fruit yield was not different among treatments. Fruit yield in plots with biorational treatments ranged from 0.35 to 0.39 kg/plant, whereas in plots with conventional treatment the fruit yield was 0. 38 kg/plant (Table 5).

3.3.2 Abundance of flower visiting bees in tomatillo

Abundance of flower visiting bees was evaluated at flowering stage. In tomatillo, the most abundant groups were Apis mellifera, Trigona nigra and Nanotrogonna perilampoides (Figure 1). The abundance of flower visiting bees varied based upon bee group; *Apis melifera* was more abundant in plants treated with Bio-1 relative to those treated with Bio-2 and Bio-3, *Trigonna nigra* was more abundant in plants treated with Bio-2 relative to those treated with Bio-1.

The abundance of *Nanotrigonna perilampoides* was not significantly different among treatments (Table 6).

3.4 DISCUSSION

The use of biorational insecticides for pest management has lately gained great importance in hosticultural production owing to their low toxicicty to non-target organisms and high effectiveness against economically important pest insects (Shao and Zhang 2017). Various studies have documented the feasibility of biorational treatments for pest management in vegetable production under grennhouse and field conditions (Reddy and Miller 2014; Umpiérrez *et al*. 2017; Jallow *et al.* 2018).

The biorational treatments were slightly less effective on pest supression than the conventional treatment based on chemical insecticides. A plausible explanation may be that in tomatillo, the biorational insecticides were applied singly and at 7 days intervals, and it is known that biorational insecticides show more effect when apply in combination and at shorter time intervals (Lo Bue *et al*. 2012; Bikash *et al*. 2017).

Fruit yield showed no differences among treatments. Overall, fruit yield was relatively low compared to the average yield reported for these crops in other studies. the reported fruit yield in tomatillo ranges from 0.65 kg/plant to 1.30 kg/plant (Aquino *et al*. 2016), whereas in our study we reported 0.35 to 0.39 kg/plant. The low fruit yield obtained in our study was likely due to the por soil conditions in the Yucatan Peninsula, characterized by soil with high concentration of calcium bicarbonate and low availability of mineral elemenets, like P and K, typical of skarst soils with limestone on the ground (Beach 1998; Beach *et al*. 2006; Estrada *et al.* 2013).

The use of biorational insecticides for pest management treatments has been associated with slight or null effects on beneficial insects, like bees. significant difference was found in the abundance of two bee species in plots treated with Bio-1. High abundance of *Apis mellifera* and low abundnace of *Trigona nigra* was observed in plots treated with Bio-1. The treatment Bio-1 included the application of neem-derived insecticide. To date no study has documented that the application of neem-derived products may attract honey bees to treated plants, this was a surprising finding. Varios studies have shown that neem-derived products have no effects on bee moratlity in laboratory assay and on bee abundance in field studies (González *et al*. 2016; Aljedani 2017; Ratnakar et al. 2017; Pasthe and Patil 2018). Our results also showed a decrease in the abundance of T. nigra in plants treated with Bio-1 that

included the use of neem-derived product. We believe that *T. nigra* may be highly sensitive to neem-derived products. Variation in insecticide sensitivity in bee species owing to their detoxification enzyme machinery and their morfological traits has been documented by Freitas and Pinheiro (2012) and Thompson (2016).

In conclusion, biorational treatments had slightly lower effectiveness on supressing damage by *E. cucumeris* and *Liriomyza* sp. in tomatillo. Fruit yield in both no difference between plots treated biorationally and those treated conventionally. The abundance of flower visiting bees incrase in *A. mellifera* and decrease in *T. nigra* abundance was observed when plants were treated with a biorational treatment (Bio-1).

3.5 REFERENCES

Aquino B, Teodulfo, MG, Gabino, Escamirosa T, Cirenio, Cortés MC, Martínez SD. 2016. Loss caused by fruit worm and its treatment with entomopathogenic nematodes in fruits of *Physalis ixocarpa* Guenee. Inter J A Microbio and Biotech Res. (4):60-65.

Aljedani DM. 2017. Detection of toxicity and effects of some insecticides to local honey bee race (*Apis mellifera jemenatica*). J Am Sci. 13(1): 19-31.

Brandt A, Gorenflo A, Siede R, Meixner M, Büchler R. 2016. The neonicotinoids thiacloprid, imidacloprid, and clothianidin affect the immunocompetence of honey bees (*Apis mellifera* L.). J Insect Physio. 86(1): 40–47.

Beach T, Dunning N, Luzzadder BS, Cook DE, Lohse J. 2006. Impacts of the ancient Maya on soils and soil erosion in the central Maya Lowlands. CATENA. 65(2): 166–178.

Beach T. 1998. Soil constraints on Northwest Yucatán, México: pedoarchaeology and Maya subsistence at Chunchucmil. Geoarchaeology 13(8): 759 –791.

Bikash S, Soumita P, Tanmoy M, Sunil KG. 2017. Population dynamics of whitefly (*Bemisia tabaci* Genn.) infesting tomato (*Lycopersicon esculentus* L.) and their sustainable management using bio-pesticides. 5(3): 879-883.

Burgess ER, Kremer A, Elsawa SF, King BH. 2016. Sublethal effects of imidacloprid exposure on *Spalangia endius*, a pupal parasitoid of filth flies. BioControl, 62(1): 53–60.

Caron BÉ, Viau R, Sanderson J T. 2018. Effects of Neonicotinoid Pesticides on Promoter-Specific Aromatase (CYP19) Expression in Hs578t Breast Cancer Cells and the Role of the VEGF Pathway. Enviro Health Perspec. 126(4): 047014.

Diaz FG, McLeod PJ, Johnson DT. 2004. Seasonal occurrence of eggplant ßea beetle, *Epitrix fuscula* Crochet (Coleoptera: Chrysomelidae) on eggplant in Arkansas. J Kan Entomol Soc. 77(1): 80-88.

Di Rienzo JA, Casanoves F, Gonzalez LA, Tablada E M, Díaz MP, Robledo CW. 2007. Estadística para las Ciencias Agropecuarias. Córdoba: Brujas.

Goulet H; Huber JT. 1993. Hymenoptera of the world: an identification guide to families. Agriculture Canada Publication, Ottawa. 668 p.

González GR, Otero CG, Villanueva JA, Santillán GT, Peña VB, Santizo RA. 2016. Effects of neem (*Azadirachta indica*) on honey bee workers and queens, while applied to control Varroa destructor. J Apicul Res. 55(5): 413–421.

El Shafie AF, Abdelraheem BA. 2012. Field evaluation of three biopesticides for integrated management of major pests of tomato, *Solanum lycopersicum* L. in Sudan. Agric Biol J N Am. 3(9): 340-344.

Estrada MH, Bautista F, Jiménez JM, González IJ, Aguilar WJ. 2013. Maya and WRB Soil Classification in Yucatán, México: Differences and Similarities. ISRN Soil Science. 2013: 1–10.

Jacob CR., Zanardi OZ, Malaquias JB, Souza CA, Yamamoto PT. 2019. The impact of four widely used neonicotinoid insecticides on *Tetragonisca angustula* (Latreille) (Hymenoptera: Apidae). Chemosphere. 224: 1010-1016.

Jallow FA, Dahab AA, Albaho MS, Devi VY. 2018. Efficacy of some biorational insecticides against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under laboratory and greenhouse conditions in Kuwait. J App Entomol. 143(3): 1–9.

Kuhar TP, Nault BA, Hitchner EM, Speese J. 2006. Evaluation of action threshold-based insecticide spray programs for tomato fruitworm management in fresh-market tomatoes in Virginia. Crop Protec. 25(6): 604–612.

Knapp S, Peralta IE. 2016. The Tomato (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) and Its Botanical Relatives. The Tomato Genome. 7–21.

Leppla NC, Johnson MW, Merritt JL, Zalom FG. 2018. Applications and Trends in Commercial Biological Control for Arthropod Pests of Tomato. Sust Manag Arth Pes of Tom. 283–303.

Liu TX, Stansly PA. 1995. Toxicity and repellency of some biorational insecticides to *Bemisia argentifolii* on tomato plants. Entomol Exper Applic. 74(1): 137–143.

Lopez R, Carmona D, Vincini AM, Monterubbianesi G, Caldiz D. 2010. Population dynamics and damage caused by the leafminer *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae), on seven potato processing varieties grown in temperate environment. Neo Entomol. 39(1): 108– 114.

Lo Bue P, Abbas S, Peri E, Colazza S. 2012. Use of biorational insecticides for the control of *Tuta absoluta* Entomopatojen Fungusların *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechii-dae)'ya Etkileri 195 (Meyrick) infestations on open field tomato. New Medit N. 4: 39-41.

Pastor BM, Garrido I, Campillo N, Viñas P, Hellín P, Flores P, Fenoll J. 2016. Determination of spirocyclic tetronic/tetramic acid derivatives and neonicotinoid insecticides in fruits and vegetables by liquid chromatography and mass spectrometry after dispersive liquid–liquid microextraction. Food Chemist. 202(1): 389–395.

PashteV, Patil C. 2018. Toxicity and Poisoning Symptoms of selected Insecticides to Honey Bees (*Apis mellifera mellifera* L.). Arch Biol Sci. 70(1): 5-12.

Polanco ÁG, Riba MI, Del Valls TÁ, Araujo JA, Mahjoub O, Prusty AK. 2017. Monitoring of organochlorine pesticides in blood of women with uterine cervix cancer. Environm Pollution. 220(1): 853–862.

Ramírez JF, Acosta AD, Martínez QM, Figueroa DK, Lara VF. 2018. Spatial Distribution of Eggs of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Trizoidae) in Tomatillo Using Geostatistical Techniques. J Entomol Sci. 53(4): 422–433.

Ramasamy S, Ravishankar M. 2018. Integrated Pest Management Strategies for Tomato Under Protected Structures. Sust Manag Arth Pests of Tom. 313–322.

Ratnakar VR, Koteswara R, Sridevi D, Vidyasagar B. 2017. Contact Toxicity of Certain Conventional Insecticides to European Honeybee, *Apis mellifera* Linnaeus. Int J Curr Microbiol App Sci. 6(8): 3359-3365.

Reddy VP, Miller RH. 2014. Biorational versus conventional insecticides – Comparative field study for managing red spider mite and fruit borer on tomato. Crop Protec. 64(1): 88–92.

Reddy VP, Tangtrakulwanich K. 2014. Module of integrated insect pest management on tomato with growers´ participation. J Agri Sci. 6(5): 10-17.

Reddy DS, Madhumati C, Nagaraj R. 2018. Bio-Rational insecticides toxicity against Liriomyza trifolii (Burgess) damaging Cantaloupes, *Cucumis melo* var. cantalupensis. J App Nat Sci. 10(4): 1271-1275.

Rodríguez GP, López IR, Casillas ÁD, León AA, Banik SD. 2018. Impact of pesticides in karst groundwater. Review of recent trends in Yucatán, México. Groundwat for Sust Devel. 7(1): 20–29.

Soliman MM, Tarasco E. 2008. Toxic effects of four biopesticides (Mycotal, Vertalec, Vertemic and neem Azal-t/S) on *Bemisia tabaci* (Gennadius) and *Aphis gossypii*

(Glover) on cucumber and tomato plants in greenhouses in Egypt. Entomol. 41(1): 195–217.

Smith HA, Giurcanu MC. 2014. New insecticides for management of tomato yellow leaf curl, a virus vectored by the silverleaf whitefly, *Bemisia tabaci*. J Insect Sci. 14:183.

Shao H, Zhang Y. 2017. Non-target effects on soil microbial parameters of the synthetic pesticide carbendazim with the biopesticides cantharidin and norcantharidin. Scient Report. 7(1).

Thompson H. 2016. Extrapolation of acute toxicity across bee species. Integ Enviro Asse Manag. 12(4): 622–626.

Valdivia LE, Zaragoza AR, González JS, Vargas P O. 2016. Phenology, agronomic and nutritional potential of three wild husk tomato species (Physalis, Solanaceae) from México. Sci Horticul. 200: 83–94.

Valenzuela FA, Reyes OÁ, Mondaca EC, Bautista MN, Lomelí JR, Palacios RE, Palacios CA. 2015. Identification of Leaf Miner1and Its Parasitoids in Tomato Crops in Northern Sinaloa, Mexico. Southwest Entomol. 40(3): 487–492.

Valdovinos GR, Quezada EJ, Ancona XP, Moo VH, Carmona A, Sánchez E R. 2009. Comparative Toxicity of Pesticides to Stingless Bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). J Economic Entomol. 102(5): 1737–1742.

Tables

Table 1. Rate of mineral fertilization by growth stage for tomatillo (*Physalis ixocarpa)*.

Crop growth stage	Period (DAT)	Mineral fertiizer rate (% of total) N	P	K
		Tomatillo		
Establisment	0-15	25	25	12
Vegetative growth	16-25	38	25	22
Flowering / fruit development	26-55	25	75	22
Maturity	56-90	12	25	44

Table 2. Description of treatments for the management of pest in tomatillo (*Physalis ixocarpa)*.

Treatment	Active ingredient (Trade name and doses)	Manufacturer	Timing of treatment application (days after transplanting)
Bio-1	*Azadirachtin (Neem® 5 mL/L)	Ultraquimia S. A. de C.V.	7,21
	*Argemonine + berberine + ricinine (Biodie® 4 mL/L)	Ultraquimia S. A. de C.V.	14, 28
	**Bacillus thuringiensis* (DiPel ® 2 g/L)	Valent México S.A. de C.V.	35, 42
Bio-2	*Argemonine + berberine + ricinine (Biodie ® 5 mL/L)	Ultraquimia S. A. de C.V.	7, 21
	*Argemonine (Omega® 5 mL/L)	Ultraquimia S. A. de C.V.	14, 28
	*Novaluron (Massada® 0.75 mL/L)	Agroquímica S. A. de C.V.	35, 42
Bio-3	*Soybean oil (Epa® 5 mL/L)	Biokrone S.A. de C.V.	7, 21
	*Argemonine (Omega® 4 mL/L)	Ultraquimia S. A. de C.V.	14, 28
	Spinoteran (Palgus® 1 mL/L)	Dow AgroSciences S.A. de C.V.	35, 42
Conventional (The growers practice)	Imidacloprid (Confidor® 1.5 mL/L)	Bayer S.A. de C.V.	7, 28
	Lambda-cyhalothrin (Karate® 1.25 mL/L)	Syngenta Agro. S.A. de C.V.	35, 42

(*) The asterisk represents the biorational insecticides.

Table 3. Mean number (±SE) of leaves damaged and damage index (±SE) by leafminer *Liriomyza* sp. in tomatillo (*Physalis ixocarpa*) under different pest management treatments.

Treatment	Days after transplanting		
	7	14	21
	Number of leaves damaged/plant		
Bio-1	1.5 ± 0.3	2.0 ± 0 ab	2.5 ± 0.3 ab
Bio-2	1.5 ± 0.3	3.3 ± 0.5 b	2.3 ± 0.3 ab
Bio-3	1.5 ± 0.3	4.0 ± 0.8 b	4.0 ± 0.0 b
Conventional	1.0 ± 0.0	1.3 ± 0.3 a	0.5 ± 0.3 a
	Damage index		
Bio-1	1.5 ± 0.28	1.75 ± 0 25	2.00 ± 0.0 ab
Bio-2	1.75 ± 0.25	1.75 ± 0.25	2.00 ± 0.0 ab
Bio-3	2.25 ± 0.47	1.75 ± 0.25	3.00 ± 0.0 b
Conventional	1.0 ± 0.0	1.25 ± 0.25	0.50 ± 0.28 a

* Means within the same column followed by the same letter are not significantly different (P < 0.05, Tukey). Damage index was analyzed by non-parametric Kruskal-Wallis test.

Table 4. Mean number (±SE) of leaves damaged and damage index (±SE) by flea beetle *Epitrix cucumeris* in tomatillo (*Physalis ixocarpa*) under different pest management treatments.

Treatment	Days after transplanting		
	7	14	21
	Number of leaves damaged/plant		
Bio-1	9.75 ± 0.25 ab	10 ± 0	10 ± 0 b
Bio-2	10 ± 0 b	10 ± 0	10 ± 0 b
Bio-3	10 ± 0 b	10 ± 0	9.5 ± 0.4 ab
Conventional	9.25 ± 0.25 a	8.5 ± 0.9	5 ± 0.9 a
	Damage index		
Bio-1	2.45 ±0.26 b	1.83 ± 0.14 ab	1.58 ± 0.26 ab
Bio-2	1.93 ± 0.18 ab	2.15 ± 0.22 bc	2.05 ± 0.22 b
Bio-3	2.63 ± 0.15 b	2.90 ± 0.25 c	2.13 ± 0.33 b
Conventional	1.43 ± 0.15 a	1.30 ± 0.16 a	0.75 0.21 a

* Means within the same column followed by the same letter are not significantly different (P < 0.05, Tukey). Damage index was analyzed by non-parametric Kruskal-Wallis test.

Table 5. Fruit yield (± SE) in tomatillo (*Physalis ixocarpa*) under different pest management treatments.

Treatment	Fruit yield (kg/plant)
Bio-1	0.39± 0.10
Bio-2	0.36 ±0.03
Bio-3	0.35 ± 0.06
Conventional	0.38 ± 0.04

* Means within the same column followed by the same letter are not significantly different (P < 0.05, Tukey).

Table 6. Abundance of flower visiting bees in tomatillo (*Physalis ixocarpa*) under different pest management treatments.

Treatments	*Apis mellifera*	*Trigonna nigra*	*Nanotrigonna perilampoides*
Bio-1	83.14 ± 25.26 b	17.00 ± 4.79 a	4.43 ± 1.58
Bio-2	43. 29 ± 11.17 a	24.86 ± 4.41 b	6.43 ± 1.42
Bio-3	54.29 ± 16.59 a	20.57 ± 3.69 ab	4.00 ± 1.66
Conventional	59.14 ± 16.36 ab	20.57 ± 4.77 ab	6.71 ± 3.59

Means within the same column followed by the same letter are not significantly different (P < 0.05, Tukey).

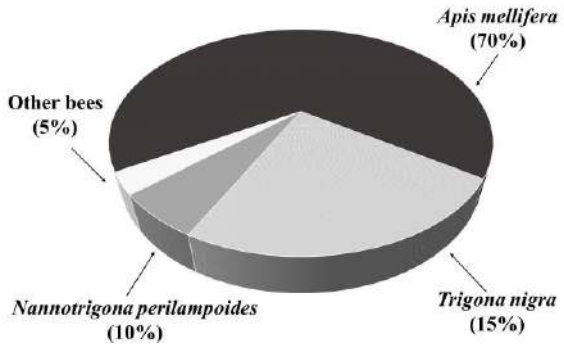


Figure 3. Abundance of flower visiting bees in tomatillo. Bees include native stingless bees and the honeybees. The graph shows the percent of total individuals captured by sweping-net and mouth aspirator.

CAPITULO IV. CONCLUSIONES GENERALES.

La incorporación de abonos orgánicos (estiércol de ovino o bocashi) + 50% de fertilización química convencional en el cultivo de *P. ixocarpa* aporta los elementos necesarios que aportaría la fertilización química convencional en la producción de frutos, calidad de frutos, contenido nutricional en follaje y comportamiento fisiológico (intercambio de gases) de las plantas. Es preciso mencionar que la incorporación de abonos orgánicos al suelo y disminución de la cantidad de fertilizantes químicos podría proporcionar varias ventajas, como mejorar la estructura y química de suelo, mejorar la actividad microbiana y disminuir la contaminación del suelo y agua por lixiviado de componentes químicos de los fertilizantes convencionales.

Por otro lado, la aplicacion de tratamientos a base de insecticidas biorracionales en el manejo de plagas en el cultivo de *P. ixocarpa* tuvo efectos menores que el tratamiento con insecticidas químicos convencionales en los daños ocasionados por las plagas *E. cucumeris* y *Liriomyza* sp. Sin embargo, el rendimiento de fruto fue similar en los diferentes tratamientos. Por lo que se considera que el uso de insecticidas biorracionales es una opción viable en el cultivo de *P. ixocarpa*. Es preciso mencionar que los insecticidas biorracionales son una alternativa eficiente y amigable al ambiente. Para mejorar su efectividad podría recomendarse su aplicación en combinación (dos o más productos biorracionales al mismo tiempo) o también se puede incrementar la frecuncia de aplicación.