

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE GUASAVE



TESIS

*QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL*

COMPARACIÓN ECONÓMICA DE DOS PROCESOS ALTERNATIVOS EN EL CONTROL DE MOSCA BLANCA EN CULTIVO DE TOMATE

PRESENTA:
MERCADO SANDOVAL LEÓN FRANCISCO

DIRECTOR:
DR. ADALID GRACIANO OBESO

GUASAVE, SINALOA; DICIEMBRE DE 2023.

	LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA TITULACIÓN		Responsable: Jefatura de División de Ciencias
	Referencia a la Norma: ISO 9001:2015 8.1,8.2.1,8.2.2,8.2.3,8.5.1,8.5.2,8.6,8.7,9.1		Código: ITSG-SIG-AO-PO-12-03
	Referencia a la Norma: ISO 21001:2018 8.1,8.1.1,8.1.2,8.2.1,8.2.2,8.2.3,8.3.3,8.3.4,8.6,8.7,9.1		Revisión: 6
			Fecha de Emisión: Agosto 2022
			Página 1 de 1

Guasave, Sinaloa, Fecha: 08 de diciembre de 2023

ASUNTO: Liberación de Proyecto para Titulación

ING. LAURA BEATRIZ INZUNZA RAMIREZ

COORDINADOR(A) DE TITULACIÓN

PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación integral:

Nombre del (de la) egresado(a):	Mercado Sandoval León Francisco
Carrera:	Ingeniería Industrial
Número de control:	1025010350
Nombre del proyecto:	Comparación económica de dos procesos alternativos en el control de mosca blanca en cultivo de tomate.
Producto:	Tesis

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros(as) egresados(as).

ATENTAMENTE

Dr. Adalberto Graciano
Obeso

MC. Gregorio Pollorena
López

MC. Grace Erandy Báez
Hernández

Nombre y firma del Asesor(a) Nombre y firma del Revisor(a) Nombre y firma del Revisor(a)

C. c. p. Archivo

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su apoyo incondicional para llegar a la meta en mi preparación académica.

A los docentes quienes me impartieron sus conocimientos a lo largo de estos años para llegar a ser antes que un ingeniero una buena persona. Agradezco sus enseñanzas y llamadas de atención.

Al Dr. Adalid Graciano Obeso por permitirme la oportunidad de llevar acabo mi tesis para lograr el grado de ingeniero por parte del tecnológico de Guasave

Al Instituto Tecnológico Superior de Guasave (ITSG) por permitirme ser parte de su matrícula estudiantil durante tantos años y al fin poder llegar a obtener el título de ingeniero.

Agradecimiento especial a todas aquellas personas que de una u otra forma me ayudaron para poder llevar acabo mis estudios en el itsg lo cual tal vez no fue de la mejor manera hubo retrasos que tal vez no pude evitar pero hoy puedo decir que todo ese apoyo al fin se ve reflejado en la obtención del título de ingeniero. A todas esas personas muchas gracias.

DEDICATORIA

A mi esposa e hija las cuales me motivan día con día ser mejor padre, mejor esposo y mejor persona y me impulsan a ser mejor cada día y a lograr todas las metas que me propongo. A ellas que siempre están en las buenas y en las no tan buenas les dedico mis logros.

A mi madre y a mi padre quien ya se encuentra en el cielo, quienes me enseñaron desde pequeño a ser el mejor hijo, hermano y buena persona. A mis hermanos que todos mis logros son suyos y sé que estarán orgullosos de este logro.

ÍNDICE

Tabla de contenido.	Pág.
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
3 JUSTIFICACIÓN	5
4 HIPÓTESIS.....	8
5 OBJETIVOS.....	9
5.1 General	9
5.2 Específicos.....	9
6 MARCO TEÓRICO.....	10
6.1 Cultivo de tomate.....	10
6.1.1 Clasificación.....	10
6.1.2 Fenología.....	10
6.1.3 Producción	11
6.1.4 Importancia económica	12
6.2 Mosca blanca.....	12
6.2.1 Ciclo de vida de mosca blanca	14
6.2.1.1 Huevo	14
6.2.1.2 Ninfa	14
6.2.1.3 Adulto	15
6.2.2 Plantas hospederas.....	15
6.2.3 Daño directo.....	16
6.2.4 Daño indirecto.....	16

6.2.5 Control químico de mosca blanca.....	16
6.2.6 Alternativas de manejo.....	17
6.2.7 Control botánico para mosca blanca	17
6.2.8 Control biológico para mosca blanca.....	18
6.3 Extractos vegetales	19
7 ANTECEDENTES	21
8 METODOLOGÍA.....	26
8.1 Área de estudio.....	26
8.2 Producto comercial #1. BEA–SIN®, Beauveria bassiana ABNBb 101.....	26
8.3 Producto comercial #2. DIATA–SIN®, Tierra de Diatomeas	28
8.4 Producto comercial #3. Neem CE80, extracto de aceite de neem	30
9 RESULTADOS	33
9.1 Costos de productos evaluados en el control de mosca blanca.....	33
9.2 Dosis aplicadas en cultivo de tomate para el control de mosca blanca	34
9.3 Costos por hectárea de productos aplicados para el control de mosca blanca	35
10 CONCLUSIONES.....	37
11 RECOMENDACIONES	38
12 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
13 ANEXOS.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Ubicación geográfica del municipio de Guasave, Sinaloa, México.....	26
Figura 2.- Producto comercial BEA–SIN®, elaborado a base del hongo entomopatógeno <i>Beauveria bassiana</i>	27
Figura 3.- Producto comercial DIATA–SIN®, Tierra de Diatomeas, elaborado con tierra de diatomeas.....	29

Figura 4.-	Producto comercial Neem CE80 elaborado a base de extracto de aceite de neem.....	32
Figura 5.-	Gráfica del costo de productos utilizados para el control de mosca blanca.....	33
Figura 6.-	Gráfica de dosis por hectárea de productos aplicados para el control de mosca blanca.....	34
Figura 7.-	Gráfica de costos por hectárea de productos aplicados para el control de mosca blanca.....	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.-	Costo (\$) de los diferentes productos aplicados en los tratamientos evaluados en cultivo de tomate durante el ciclo otoño-invierno 2022-2023.....	33
Tabla 2.-	Dosis aplicadas en litros por hectárea en los diferentes productos aplicados en los tratamientos evaluados en cultivo de tomate durante el ciclo otoño-invierno 2022-2023.....	34
Tabla 3.-	Costo (\$) por hectárea de los diferentes productos aplicados en los tratamientos evaluados en cultivo de tomate durante el ciclo otoño-invierno 2022-2023.....	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.-	Preparación de terreno para siembra de cultivo de tomate en campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave.....	45
Anexo 2.-	Establecimiento del cultivo de tomate en Campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave.....	45

Anexo 3.- Aplicaciones de productos evaluados y manejo del cultivo de tomate en campo abierto.....	46
--	----

RESUMEN

Las hortalizas tienen gran relevancia, debido a la significativa superficie que se siembra, a los importantes ingresos en divisas que genera al país y a la gran cantidad de mano de obra rural que emplea, sin embargo, existen plagas que generan grandes pérdidas económicas para los productores agrícolas alrededor del

mundo. La presente investigación tiene como objetivo comparar tres alternativas de productos naturales para el control de mosca blanca en cultivo de tomate, uno elaborado a base de aceite de nim, uno a base de hongos entomopatógenos y el último elaborado a base de tierra diatomeas. Para lograrlo, se realizaron visitas específicas a casas comerciales de la ciudad de Guasave, Sinaloa. Como resultado se tiene que el producto evaluado que genera un menor costo para los productores agrícolas es el Neem CE80®, mismo que tiene un costo de \$380.00 en su presentación de 1 litro, lo cual quiere decir que es redituable para combatir la mosca blanca, ya que controla a la plaga y no genera un costo elevado a los agricultores en cultivo de tomate, además, de los tres productos comerciales evaluados, el que se requiere en una menor cantidad para controlar la mosca blanca por hectárea, es el Neem CE80®, del cual se requiere una dosis de 2 litros por hectárea para el control de la plaga, además de ser un producto biorracional elaborado a base de aceite de árbol de nim, por último, el producto comercial Neem CE80® es el producto con un menor costo de aplicación por hectárea, con \$760.00 que gastaría el agricultor en controlar la mosca blanca, comparado con el DIATA-SIN®, del cual se gastarían \$1,680.00 y con el BEA-SIN®, se gastaría \$6,150.00 por hectárea.

Palabras claves: Aceite de nim, costos, hongos entomopatógenos, mosca blanca.

ABSTRACT

Vegetables have great relevance, due to the significant area that is planted, the important foreign exchange income that it generates for the country and the large amount of rural labor that it employs, however, there are pests that generate great economic losses for producers. agriculture around the world. The objective of this research is to compare three alternative natural products for the control of whiteflies

in tomato crops, one made from neem oil, one made from entomopathogenic fungi and the last made from diatomaceous earth. To achieve this, specific visits were made to commercial houses in the city of Guasave, Sinaloa. As a result, the evaluated product that generates the lowest cost for agricultural producers is Neem CE80®, which costs \$380.00 in its 1 liter presentation, which means that it is profitable to combat whiteflies. since it controls the pest and does not generate a high cost for farmers in tomato cultivation, in addition, of the three commercial products evaluated, the one required in the smallest quantity to control the whitefly per hectare is Neem CE80®, of which a dose of 2 liters per hectare is required to control the pest, in addition to being a biorational product made from neem tree oil, finally, the commercial product Neem CE80® is the product with the lowest application cost per hectare, with \$760.00 that the farmer would spend to control the whitefly, compared to DIATA-SIN®, of which \$1,680.00 would be spent and with BEA-SIN®, \$6,150.00 would be spent per hectare.

Keywords: Neem oil, costs, entomopathogenic fungi, whitefly.

1 INTRODUCCIÓN

El estado de Sinaloa es el principal productor de hortalizas a nivel nacional y el de mayor exportación a los mercados internacionales. Las hortalizas tienen gran relevancia, debido a la significativa superficie que se siembra, a los importantes ingresos en divisas que genera al país y a la gran cantidad de mano de obra rural que emplea (SIAP, 2022).

La industria de los bioinsecticidas incluye agentes microbianos de control (bacterias, hongos, virus, protozoarios y nemátodos), organismos entomófagos (depredadores y arasitoides), compuestos orgánico y organismos y plantas transgénicas (J. A. BAUM, 1999). Con la finalidad de disminuir el impacto ambiental derivado del uso de insecticidas químicos para la protección de cultivos es necesario establecer nuevas estrategias para el control de las principales plagas (C. GARCIA, 2012). Una alternativa al uso de insecticidas químicos para el combate de plagas, y por consecuencia para evitar la propagación de enfermedades que transmiten son los insecticidas biorracionales, los cuales son definidos como sustancias producidas por microorganismos, plantas o minerales, que se descomponen en pocas horas después de aplicarlos y son específicos para la plaga que se desea controlar (O'Farril, 2008).

El empleo organismos para el combate de plagas se inició hace 50 años en México, pero se ha venido incrementando de forma significativa a partir de 1990. El Estado de Sinaloa es el principal productor y exportador de granos, hortalizas y cucurbitáceas; cuenta con una superficie cultivada de 300,000 ha, de estas 85,000 ha se dedican cada año a cultivos hortícolas, siendo los municipios del Norte del Estado (Choix, El Fuerte, Sinaloa de Leyva, Guasave y Ahome) (CESAVESIN, 2010).

Una de las limitantes más severas que afronta la producción de tomate es la problemática fitosanitaria, la cual han sido históricamente manejados utilizando

plaguicidas, los cuales han demostrado ser costosos, poco eficientes y altamente contaminantes, teniendo un alto efecto perjudicial sobre el ambiente y la salud pública (Anton et al., 2014). Ante la necesidad de contrarrestar los efectos de este sistema de control fitosanitario, surgen alternativas de manejo económicamente viables y capaces de garantizar la inocuidad de los productos agrícolas, proteger y preservar la biodiversidad y el ambiente en que se desarrollan los cultivos (Jimenez-Mártinez, 1999).

Una de las alternativas, que destacan es la utilización de bioinsumos, las cuales han tenido un impacto positivo sobre el manejo de los agroecosistemas productivos; según (Robles, 2018). Cuando hablamos de bioinsumos nos referimos a los productos, elaborados a partir de organismos benéficos como insectos, hongos, bacterias y virus, o bien a extractos de plantas; la ventaja de estos productos es que no dejan residuos en el agua, el aire, el suelo o en los productos alimenticios y tampoco ponen en peligro la salud de los agricultores y consumidores (CAB Internacional, 2024)

La mayoría de las plagas de insectos generan dos problemas principales: (1) pérdida de producción de cultivos, daños a la salud de animales y humanos, y, (2) los costos para prevenir o controlar las plagas. Existe una variedad de factores que pueden afectar la factibilidad económica y por ende la aceptación y empleo de los insecticidas biorracionales. Estos factores incluyen el tipo de plaga, el tamaño del mercado, el espectro de plagas que se pueden controlar con un producto y el impacto que el bioinsecticida pueda tener con los insectos benéficos. Además, es importante considerar la variación de resultados que se pueden observar en campo y el grado de los avances tecnológicos del producto, incluyendo producción, fórmula, envasado y distribución del mismo, así como el tipo de aplicación en campo.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción de tomate se encuentra acorde con la demanda nacional, el variado comercio ha proporcionado diversas variedades, los productores se encuentran interesados en aplicar nuevas y mejores técnicas de producción que les garanticen mayores rendimientos, pero también mejor calidad (El Nuevo Diario, 2007). Sin embargo, el cultivo de tomate es atacado por una gran cantidad de insectos nocivos que están considerados entre los principales factores limitantes de la producción. De este complejo de especies, la mosquita blanca (*Bemisia spp.*) son una de las plagas que más impacto han causado en los últimos años en el mundo (CAB International, 2004). Estos insectos ocasionan en las plantas dos tipos de daños; el directo lo producen al alimentarse de las plantas provocando incluso la muerte y decoloración del fruto por efecto de toxinas que transmiten las ninfas, y el indirecto, por ser vectores de más de 60 enfermedades que se presentan en diversos cultivos, principalmente en las hortalizas, y otra forma por la obstrucción del proceso fotosintético de las plantas al depositar grandes cantidades de mielecilla en el follaje, la cual sirve de sustrato a un complejo de especies de hongos saprofitos causantes de la “fumagina”. En el norte del estado de Sinaloa en 1994, estos insectos causaron pérdidas por casi 10 millones de dólares (Avilés et al., 04)

El uso de pesticidas en los sistemas agrícolas convencionales devuelve aproximadamente \$4 por \$1 invertido en el control de plagas. Por lo tanto, queda claro por qué los métodos convencionales de manejo de plagas son tan atractivos. Sin embargo, esos costos no incluyen los costos sociales o ecológicos de la agricultura (G. J. DEVINE, 2008).

El control de plagas y enfermedades mediante procesos biológicos, es decir, el uso de microorganismos entomopatógenos o aquellos que inhiben/antagonizan a otros microorganismos patógenos para plantas, es una alternativa que puede contribuir a reducir o eliminar el uso de productos químicos en la agricultura. Los entomopatógenos se han considerados como agentes de control biológico entre los

que se encuentran virus, bacterias, hongos, nematodos y protozoos. El interés por los patógenos fúngicos ha ido en aumento para el control de plagas de insectos, por ejemplo, *Isaria fumosorosea* (anteriormente conocido como *Paecilomyces fumosoroseus*) es uno de los hongos que ataca con mayor frecuencia a *Bemisia tabaci* (Mohamed, 2015).

A pesar de que somos cada vez más conscientes de los peligros de su uso, el área tratada con insecticidas en los países desarrollados ha permanecido inmóvil durante la última década. Es importante observar que de manera general, incluso en los países desarrollados con una poderosa legislación ambiental y grupos activos que ejercen presión, el uso de insecticidas no está disminuyendo. Elaborar un análisis financiero que pueda convencer a los productores sobre el uso de insecticidas biorracionales, es la principal temática del presente trabajo de investigación.

3 JUSTIFICACIÓN

El cultivo de tomate presenta problemas fitosanitarios de plagas, las que aumentan los costos de producción debido al alto uso de insecticidas, sumado esto al uso de fertilizantes, fungicidas y herbicidas. Uno de los principales problemas en el estado de Sinaloa ha sido el ataque de la mosca blanca (*B. tabaci*), su alta plasticidad genética la ha convertido en una plaga difícil de manejar, se conocen 17 razas o biotipos de *B. tabaci*, de ellas al menos seis están en América (Brown et al., 1995). *Bemisia tabaci* pertenece taxonómicamente a la clase insecta, orden Hemiptera, suborden Sternorrhyncha y familia Aleyrodidae (Jimenez-Mártinez, 1999). Los principales daños causados directamente al cultivo del tomate se caracterizan por succionar la savia e inyectar sustancias fitotóxicas a la planta; pero también por la transmisión de Geminivirus causante de enfermedades viróticas, lo que es capaz de devastar por completo una área determinada del cultivo, donde las etapas más críticas son las primeras semanas después de la germinación de la planta (Jarquín, 2004). Los geminivirus pertenecen a la familia Geminiviridae y se dividen en cuatro géneros que se caracterizan según el vector que lo transmite, el hospedero y la estructura genómica que posee. Estos son: *Mastrevirus*, *Curtovirus*, *Topocovirus* y *Begomovirus*; este último es transmitido por la mosca blanca (Zuñiga & Ramirez, 2002)

Los métodos de control utilizados en la actualidad para el control de dicha plaga se caracterizan por la aplicación frecuente de insecticidas sintéticos, lo cual ha provocado el desarrollo de resistencia a los mismos. Además, genera un aumento en los costos de control, peligro para la salud de los productores y el medio ambiente (Rakha et al., 2017). Para el control de las moscas blancas se han utilizado bioplaguicidas como herramientas alternativas, que presentan menor riesgo de generar resistencia en poblaciones de plagas (Smith et al., 2018), son biodegradables, económicos y no tóxicos para los seres humanos o insectos benéficos, debido a que son elaborados a partir metabolitos de plantas (Hafeez-ur-Rehman et al., 2015) o microorganismos (Mascarin & Joronski, 2016). Los extractos

de plantas utilizados como bioplaguicidas buscan mantener las moscas blancas lejos de la planta, evitan que éstas se alimenten del cultivo, esto podría resultar en un efecto repelente y disuasivo que a su vez podría evitar la contaminación de virus a las plantas (Hilje Quirós, 2018).

El uso masivo de los plaguicidas ha significado una revolución en la agricultura, pues contribuye a aumentar la eficiencia productiva de alimentos (cerca de 70 por ciento de mayor productividad en los últimos cuarenta años, según la FAO). Se estima que actualmente el 45 por ciento de los cultivos del mundo se pierden por acción de plagas (Pimentel & Burgess, 2014), por lo que los plaguicidas se convirtieron en una herramienta moderna indispensable para la producción de alimentos. Sin embargo, la historia muestra los efectos catastróficos en cultivos y desabastecimiento de alimentos que en diferentes períodos significaron un desastre para muchas economías del mundo. Algunos ejemplos son el tizón tardío de la papa que afectó a Irlanda entre 1845 y 1846, la hambruna bengalí de 1943 debida a la enfermedad de la mancha café del arroz (Agrios, 2007) y, más recientemente, la roya amarilla que en 2012 afectó todas las zonas cafetaleras del mundo.

El tomate es severamente atacado por la mosca blanca de los invernaderos tanto en cultivos a campo como en invernadero en altas densidades poblacionales, causando pérdidas directas e indirectas, por lo que se requiere un detallado conocimiento de las medidas de control requeridas (Scotta, 2013). *Bemisia* spp. en su estado adulto son pequeñas mosquitas blancas que vuelan activamente. Los estados juveniles (ninfas) son de forma plana, translúcidas y están fijadas. El ciclo completo puede durar entre 21 a 36 días (IICA, 2016). La mosca blanca (*Bemisia* spp.) ha sido estudiada en una amplia diversidad de ambientes y cultivos a razón de su amplia distribución geográfica y el alto impacto económico que causa su incidencia en un gran número de cultivos alimenticios (Cardona et al., 2001). Actualmente, la mosca blanca es una de las principales plagas tanto del tomate rastrero (para procesamiento industrial) como del tomate estacado (tomate

mesa); para su control recomienda productos químicos al igual que detergentes y aceites, respetando los periodos de carencia (EMBRAPA, 2005).

El uso indiscriminado de insecticidas químico tiene efectos directos en la salud humana, los ecosistemas agrícolas, el medio ambiente, se provoca la selectividad de poblaciones, resistencia, disminución de organismos benéficos, aumento del riesgo del surgimiento de otras especies de insectos que actualmente no son considerados como plagas de importancia económica, el incremento de costos, y la contaminación de los productos destinados al consumo humano, así mismo, la investigación de insecticidas biorracionales para el control de insectos se hace necesaria, para encontrar medidas de control natural de las plagas y disminuir así, las aplicaciones de insecticidas, en su mayoría nocivos a la fauna benéfica y el medio ambiente en general. Por tal razón en la presente investigación se realiza un análisis financiero y evaluación económica para determinar el costo que el productor final asumiría por su uso, además de la factibilidad del cultivo en el municipio de Guasave, Sinaloa.

4 HIPÓTESIS

Los productos naturales elaborados a base de extractos o aceites de plantas resultan ser menos costosos para los productores agrícolas comparados con los productos elaborado a base de hongos entomopatógenos en el control de la plaga mosca blanca en cultivo de tomate a campo abierto.

5 OBJETIVOS

5.1 General

Comparar tres alternativas de productos naturales para el control de mosca blanca en cultivo de tomate, uno elaborado a base de aceite de nim, uno a base de hongos entomopatógenos y el último elaborado a base de tierra diatomeas.

5.2 Específicos

1. Identificar los costos de venta al mercado de los tres productos analizados en la presente investigación, mediante visitas específicas a casas comerciales de la ciudad de Guasave, Sinaloa.
2. Dar a conocer las cantidades o dosis por hectárea de los productos considerados en el presente estudio, los cuales son aceite de nim, hongos entomopatógenos y tierra diatomeas.
3. Calcular el costo por hectárea de las dosis recomendadas en la ficha técnica de los tres productos comerciales analizados en le presente investigación, los cuales son alternativas naturales para el control de la mosca blanca.
4. Generar un registro documental para productores agrícolas, el cual mencione el gasto que genera controlar la mosca blanca en sus cultivos de tomate a campo abierto.

6 MARCO TEÓRICO

6.1 Cultivo de tomate

6.1.1 Clasificación

El tomate fue clasificado como *Solanum lycopersicum* por Linneo en 1753, luego en 1754, Philip Miller lo reclasificó a su propio género llamándolo *Lycopersicum esculentum*. Después de dos siglos, por medio del uso de técnicas moleculares e información morfológica se logró confirmar la descripción de Linneo, clasificándose como género *Solanum* en la sección *lycopersicum* (Blanca et al. 2015, Gerszberg et al. 2015). El tomate (*S. lycopersicum* L.) es una de las 3000 especies que comprenden la familia Solanaceae con diferentes usos económicos como alimentos, medicinas y ornamentales (Knapp y Peralta, 2016).

6.1.2 Fenología

En el ciclo de vida del tomate se identifican tres etapas fenológicas. La etapa inicial se produce con la germinación de la semilla y se caracteriza por el aumento en la materia seca, donde la planta invierte su energía en la síntesis de nuevos tejidos de absorción y fotosíntesis. La segunda etapa es la vegetativa, donde el aumento de la materia seca es más lento, pero se alcanza el máximo desarrollo foliar, lo que implica mayor requerimiento de nutrientes para satisfacer las necesidades de la planta y mayor susceptibilidad a plagas, donde los daños causados pueden reducir el rendimiento cuando los niveles de infestación son elevados. Esta etapa termina con la floración, donde la mayoría de los cultivares deben estar por debajo de 40 °C para evitar la pérdida de flores.

La última etapa es la reproductiva con la fructificación, donde prácticamente se detiene el crecimiento de la planta y se movilizan los asimilados de la fotosíntesis hacia los frutos provocando la senescencia de la planta. En esta etapa, las plagas del follaje siguen siendo importantes, pero cuidar los frutos del ataque de plagas se

convierte en prioridad. La duración de cada etapa va a estar influenciada por las condiciones del ambiente y el cultivar de tomate que se utilice, sin embargo, para que se dé una buena producción, la temperatura nocturna debe ser menor que la diurna y debe estar en un rango de 13 °C a 26 °C (Bolaños-Herrera, 1998; Álvarez y Silvio, 2017).

6.1.3 Producción

El cultivo de tomate se puede cultivar en campo abierto o en invernadero, sin embargo, su productividad en el último sistema de producción es mayor, ya que aumenta la vida útil del fruto hasta aproximadamente 30 semanas, a diferencia de los tomates cultivados en campo abierto. El sabor del producto fresco es otra cualidad de la producción, por lo que los consumidores están dispuestos a pagar un precio superior al tomate cultivados en invernadero (Reddy, 2016b).

El uso de ambientes protegidos en Costa Rica para la producción agrícola, inició en los años 80, con miras a beneficiar la exportación de plantas ornamentales y flores. Sin embargo, para el 2003 se comenzó a utilizar invernaderos para la producción de hortalizas como chile dulce y tomate, donde se alcanzó un 11% del área cultivada en este sistema y un 28% se cultivaba en ambientes protegidos. Con el tiempo, este porcentaje ha ido en aumento, para el 2009 se pasó de un 11% a un 35% de hortalizas sembradas en invernaderos (Pérez, 2015).

La producción hortícola protegida se ha convertido en una alternativa para los productores agrícolas de Costa Rica ante las condiciones climáticas adversas. El uso de invernaderos en el trópico permite controlar variables de producción como el riego, fertilización, manejo de biomasa y el uso de sustrato. A diferencia de los sistemas de producción a campo abierto, en sistemas de producción controlados se podría dar la reducción de uso de pesticidas, además, se ha observado que en Costa Rica existe una diferencia de 4,6 kg/m² en productividad del tomate

sembrado bajo invernadero que en campo abierto (Ramírez-Vargas y Nienhuis, 2012).

6.1.4 Importancia económica

El tomate es una de las solanáceas más consumidas a nivel mundial, lo cual permitió un impulso en producción global (Khan et al. 2017). En los últimos 50 años la producción mundial se ha multiplicado por 5,8, pasando de menos de 28 millones de toneladas en 1961 a 164 millones de toneladas en el 2013 (Colvine y Branthôme, 2016). De acuerdo con Durán-Mora y Guzmán-Hernández (2017) para el 2014 en Costa Rica 1 250,9 hectáreas se encontraban dedicadas al cultivo de tomate, conocido como uno de los cultivos hortícolas de exportación de mayor importancia, lo que aumentó las exportaciones de frutas madura e ingreso en las ventas del producto fresco.

6.2 Mosca blanca

Las moscas blancas no son moscas verdaderas, sino que pertenecen al orden Hemiptera (insectos). Junto con los pulgones, coquinos o cochinillas, pertenecen a la clase Sternostea. Las moscas blancas pertenecen a la familia de las moscas blancas. Las especies más comunes son la mosca blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* y la mosca blanca del tabaco *Bemisia tabaci*. Ambos están muy extendidos y son omnívoros, por lo que son muy comparables (Pascal et al., 2018).

Al mismo tiempo, la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) tiene una amplia gama de huéspedes y afecta a una gran variedad de cultivos en todo el mundo. Esto puede causar daños, especialmente en áreas (sub)tropicales. La mosca blanca (*Bemisia tabaci*) es una plaga temida porque es altamente resistente a muchos insecticidas y transmite fácilmente los virus (INIA, 2018).

Por otra parte, la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) o mosca blanca del tabaco pasa por seis estadios, huevos, larvas de primer, segundo, tercer y cuarto estadio (a menudo llamadas pupas, aunque no lo son) y adultos. Las larvas se encuentran en la parte inferior de las hojas jóvenes y tienen forma ovalada. Mientras que las larvas del primer estadio son móviles, las alas restantes del estadio están en las hojas. Las larvas de cuarto estadio adquieren una forma casi redonda y amarilla llamada pupa, donde los ojos rojos y las alas blancas de los adultos son claramente visibles. Estas pupas se encuentran en las hojas más viejas (Pascal et al., 2018).

Además, los adultos emergen de la pupa a través de una abertura en forma de T. Los adultos a menudo se dispersan por toda la planta donde ponen sus huevos. Para que puedas encontrar todos los gimnasios en una sola página. Sacudir la planta infectada hará que los adultos vuelen y regresen a la parte inferior de las hojas. Las moscas blancas adultas (*Bemisia tabaci*) tienen piezas bucales perforantes y succionadoras bien desarrolladas y comienzan a succionar la savia poco después de emerger. Los insectos están cubiertos con una sustancia cerosa blanca (Toledo, 2019).

Al mismo tiempo, la mosca blanca adulta (*Bemisia tabaci*) se parece a la del invernadero (*Trialeurodes vaporariorum*), pero es más pequeño y de color amarillo. Además, las alas de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) se colocan de forma vertical y paralela al cuerpo (Pascal et al, 2018).

Con respecto a la larva, esta necesita muchos nutrientes para crecer, por lo que necesita consumir mucho jugo, que es alto en azúcar. Su exceso se secreta como melaza, formando un mayor número de larvas más grandes (INIA, 2018). Esto de acuerdo con Toledo (2020) puede tener las siguientes consecuencias:

- Si la población es alta, el agotamiento de la savia puede afectar la fisiología de la planta, dando como resultado un crecimiento atrofiado. Las hojas pueden marchitarse y caer bajo la luz solar directa. El daño a las hojas puede, a su vez, afectar el desarrollo de la fruta y reducir el rendimiento.

- Al chupar savia y excretar melaza, los arbustos blancos reducen el valor estético de los cultivos. Esto es especialmente importante para las plantas ornamentales.
- La melaza se asienta sobre la fruta, haciéndola pegajosa. La suciedad se adhiere a la fruta y promueve el crecimiento de fumagina o mildiú veloso (*Cladosporium* sp.). dificulta la comercialización de la fruta. En casos severos, los frutos se pudren. La fumagina también crece en las hojas, lo que reduce la fotosíntesis y la transpiración.
- Los virus pueden propagarse de una planta a otra. Es bien sabido que *T. vaporariorum* y *B. Bemisia tabaci* transmite el virus.

6.2.1 Ciclo de vida de mosca blanca

La mosca blanca tiene una metamorfosis incompleta y pasa por tres estadios huevo, ninfa (cuatro estadios) y adulto estos se observan en el envés de la hoja. La duración total del ciclo total de huevo a emergencia de adultos es de aproximadamente 23 a 28 días dependiendo de los factores ambientales y biológicos (Morales *et al.*, 2006).

6.2.1.1 Huevo

Según Anderson, (2000) indica que los huevo de mosca blanca es de textura lisa y ovalado con la parte superior terminada en punta y Inicialmente, es de color blanco verdoso; pero a medida que madura se toma amarillo, y cuando está próximo a eclosionar es de color café claro.

6.2.1.2 Ninfa

Las ninfas recién emergidas se mueven unos pocos centímetros para localizar sus sitios de alimentación. El primer instar es el único estado inmaduro que es móvil mide 0.26 mm de longitud y 0.16 mm de anchura. El segundo estado ninfal tiene forma acorazonada es de color blanco verdoso con bordes ondulados y mide 0.36 mm de longitud y 0.24 de anchura. El tercer estadio tiene misma forma acorazonada

en su parte caudal termina en punta es de color blanco verdoso y mide 0.53 mm de longitud y 0.36 de anchura. El cuarto y último estadio es plana y transparente a medida que avanza su desarrollo se torna abultada opaca y esta provista de ojos rojos visibles este punto se denomina como pupa y mide 0.84 mm de longitud y 0.59 de anchura (Morales *et al.*, 2006)

6.2.1.3 Adulto

Cuando el adulto está próximo a emerger, el insecto rompe el integumento pupal en forma de una "T" invertida, y sale por medio de movimientos de contracción y expansión del cuerpo. El adulto se alimenta minutos después de emerger y, dos a cuatro horas después, las hembras pueden colocar huevos. Las hembras vírgenes colocan huevos viables de los cuales se desarrollan exclusivamente machos, pero generalmente ocurre la cópula y las hembras son fertilizadas (Anderson, 2000).

El adulto mide 1.1 mm de longitud y es de color amarillo pálido, pero en tres o cinco horas toma el color blanco característico debido al polvo cerosos que recubre sus alas. Las alas son transparentes, angosto en la parte anterior ensanchada hacia atrás. Los ojos son de color rojo oscuro la hembra vive entre 5 y 27 días y se diferencia del macho por su mayor tamaño. Se alimenta y oviposita en el envés de las hojas jóvenes. Los adultos copulan apenas emergen, pero puede haber un periodo de pre-ovoposición de 1 a 2 días (Morales *et al.*, 2006).

6.2.2 Plantas hospederas

B. tabaci se ha registrado alimentándose en más de 600 especies de plantas hospederas, sin embargo la presencia del biotipo B en calabazas (*Cucurbita* sp) tiene la capacidad de inducir respuestas fitotóxicas en estas plantas (Secker *et al.*, 1998). Estas especies se ubican en 74 familias, incluyendo hortalizas, plantas ornamentales, cultivos industriales y numerosas especies silvestres. Entre los hospederos atacados por este insecto se encuentran comúnmente plantas que pertenecen a las familias cruciferae, cucurbitaceae, solanaceae, leguminosae, entre

otras. Sin embargo la presencia del biotipo B en calabazas (*Cucurbita* sp) tiene la capacidad de inducir respuestas fitotóxicas (Brown, 1993).

6.2.3 Daño directo

El daño directo causado por la ninfa ocurre cuando succionan los nutrientes del follaje el cual se presenta con amarillamiento, moteado y encrespamiento de las hojas, seguido de necrosis y defoliación. Además, se forma fumagina que se desarrolla sobre las excreciones azucaradas interfiriendo en la producción fotosintética (Trabanino, 1998).

6.2.4 Daño indirecto

El daño indirecto se da por la transmisión de geminivirus, como el virus del mosaico dorado del frijol, virus del moteado clorótico del frijol. virus del enrollamiento de las cucúrbitas. virus del enrollamiento amarillo del tomate, se han observado problemas recientes de virus en sandía, chile y tabaco en Centroamérica. Los ataques son más severos durante la época seca y caliente. Si las plantas jóvenes son atacadas, estas pierden vigor y producen muy poco o ningún fruto comercial (Trabanino, 1998).

6.2.5 Control químico de mosca blanca

El principal manejo de estos problemas insectiles es el uso de productos sintéticos que suelen ser insecticidas de amplio espectro que tienen un efecto adverso sobre los enemigos naturales y también sobre la fauna benéfica, por lo que este control debe ser utilizado siempre y cuando otras formas de regulación de plagas no sean efectivas (Ramirez & Luna, 2003).

El uso cotidiano de plaguicidas de manera calendarizada contribuye a la crisis de la agricultura que dificulta la preservación de los ecosistemas, los recursos naturales y afecta la salud de las comunidades rurales y de consumidores urbanos. La búsqueda de la productividad a corto plazo por encima de la sustentabilidad

ecológica, practicada en las últimas décadas, ha dejado un saldo a nivel mundial de contaminación y envenenamiento donde el pretendido remedio universal ha resultado ser peor que la enfermedad (Rodríguez *et al.*, 2014).

El control de *B. tabaci* depende principalmente del uso de insecticidas químicos, pero este enfoque independiente ha encontrado dificultades, debido a la selección de individuos resistentes. Además de la disminución del número de nuevos insecticidas registrados, sus efectos secundarios nocivos para organismos benéficos, restricciones legales con respecto a su uso seguro y sus riesgos ambientales han alentado la adopción de técnicas de control biológicos (Mascarin *et al.*, 2013).

Debido a los serios problemas que causa *B. tabaci* en los últimos años han salido un sin número de ingredientes activos para brindar soluciones a los productores, solo en México en producciones de sandía, tomate y chile; se determinó que el 71% de los insecticidas usados en las plantaciones, eran para el control directo de mosca blanca (Ruiz *et al.*, 2011).

6.2.6 Alternativas de manejo

Alternativas de manejo como técnicas (MIP) el uso de extractos de origen vegetales para el control de plagas agrícolas era una práctica ancestral ampliamente usada en diferentes culturas y regiones del planeta hasta la aparición de los plaguicidas sintéticos. En los últimos años esa búsqueda de un equilibrio entre el ambiente, la producción y el hombre se ha desarrollado un nuevo concepto de protección de cultivos mediante productos, en cuyo diseño se considera: acción específica sobre el objetivo, impacto bajo o nulo en organismos circundantes en el ambiente, impacto bajo o nulo en el cultivo (Molina, 2001).

6.2.7 Control botánico para mosca blanca

El uso de plaguicidas sintéticos ha generado a partir de la década de los noventa el uso de plaguicidas naturales de origen vegetales a nivel mundial. Las piretrinas, azadiractina y los aceites esenciales se afirman como plaguicidas naturales de gran efectividad y mínimos efectos adversos. Las características de los principales plaguicidas de origen vegetal actualmente en uso: mecanismo de acción, toxicidad y tendencias actuales por lo tanto es una alternativa ecológica eficaz y de costos económicos favorables para el productor (Perez, 2012).

Ingredientes activos como el piretro que actúa en los insectos como repelente, anti-alimentario. Actuando por contacto-ingestión en mosca blanca. El efecto insecticida se produce cuando las piretrinas naturales penetran el sistema nervioso del insecto, interfiriendo con el movimiento de iones potasio (K) y sodio (Na), provocando en el insecto después de la aplicación, la pérdida de capacidad de movilidad o vuelo. Las bajas dosis pueden ocasionar un efecto de derribo en los insectos, permitiendo que estos se recuperen debido a una desintoxicación de las piretrinas por las enzimas del insecto por lo general son sustancias fácilmente degradables bajo condiciones ambientales por lo tanto poco persistentes (Garcia, 1993).

6.2.8 Control biológico para mosca blanca

A causa de los enormes problemas que se han presentado por el uso de insecticidas sintéticos en el control de las moscas blancas (fenómeno de resistencia, altos costos, etc.), surgió el interés por los bioproductos de origen microbiológico. Debido a los hábitos alimenticios de las moscas blancas, las mayores posibilidades se atribuyeron a los hongos entomopatógenos, los cuales tienen la característica de germinar en la cutícula del insecto y penetrar a través de su integumento (Vazquez, 2002).

Según Monzón,(2001) menciona que el uso de organismos entomopatógenos, tienen una alta reducción de plagas. Actualmente se ha identificado y estudiado

diversas especies de hongos que afectan plagas de importancia económica muchos de ellos utilizados en programas de control biológico.

6.3 Extractos vegetales

Los aceites esenciales son muy aromáticos y su consistencia no es grasa, sino ligera. Como su preparación requiere una gran cantidad de materia vegetal, su volatilidad y sensibilidad a la luz solar pueden causar diferencias, y requieren mucho esfuerzo para su procesamiento. Por eso que estos aceites son envasados en botellas de vidrio de color oscuro (Solano et al., 2022).

Por otra parte, los aceites esenciales son ampliamente utilizados en la producción de perfumes y cosméticos. Igualmente tienen varias propiedades medicinales; son altamente valorados en los procedimientos de aromaterapia, su utilización se ha generalizado y una transcendental función de estos aromas se manifiesta al entrar en contacto con los receptores olfativos de la nariz, generando paz, bienestar, vitalidad, frescura, etc. por aroma utilizado: romero, menta, ylang-ylang, limón, lima, citronela, etc. (Torrenegra et al., 2019).

También son reconocidos por sus propiedades antiinflamatorias y asimismo se utilizan como antisépticos cuando se aplican tópicamente y debidamente diluidos, ya que no deben colocarse sobre la piel en estado puro. Ciertos aceites, a más de las propiedades ya comentadas, también son usados como insecticidas para controlar de forma natural las plagas en cultivos ecológicos (González et al., 2017).

Es transcendental no asumir que los aceites esenciales provienen de plantas y son completamente seguros. Se deben tener en cuenta aspectos como la elevada concentración de materias primas utilizadas en la producción (de origen vegetal) y la facilidad con que penetran en la membrana de la piel (Solano et al., 2022).

Aunque una gran cantidad de aceites no son considerados como tóxicos, determinados grupos de personas pueden ser más sensibles a ellos, como los niños pequeños, los adultos mayores y las mujeres embarazadas. Antes de empezar un tratamiento con aceites esenciales, lo mejor es consultar con un especialista o con un médico (González et al., 2017).

7 ANTECEDENTES

Desde los inicios de la agricultura los cultivos han sufrido devastación por los ataques de insectos plaga, por lo que, paulatinamente, el hombre ha desarrollado estrategias para su control (Carrillo & Blanco, 2009). Dentro de estas alternativas se encuentran el control químico y recientemente ha crecido el interés por el control biológico, en los que se encuentran los hongos entomopatógenos y otros enemigos naturales.

Los hongos entomopatógenos para el control biológico de plagas tienen potencial, están constituidos por más de 750 especies y se encuentran libremente en la naturaleza. Son de importancia dentro de los agroecosistemas por su capacidad de regular poblaciones tomando en cuenta la relación patógeno-hospedero y los factores bióticos y abióticos en el ambiente (Pucheta et al., 2006). Presentan mecanismos de invasión de forma directa que permiten atravesar la cutícula o pared del tracto digestivo de los insectos. El mecanismo general de acción consiste en tres fases: (1) adhesión y germinación, (2) penetración en el hemocele y (3) desarrollo del hongo (Téllez et al., 2009).

Vázquez et al. (2007) mencionan que los hongos entomopatógenos con gran efectividad comúnmente utilizados son: *Verticillium* (=Lecanicillium), *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces fumosoroseus*. Mencionan que, para lograr una alta eficacia en la aplicación de estos organismos, es necesario que el producto cumpla con los siguientes requerimientos de calidad: concentración 10⁹ conidios/ml, pureza del 100%, virulencia del 95% y viabilidad del 97%.

Ruiz y Aquino en 1999, evaluaron la eficiencia de la combinación de cuatro barreras físicas vivas: maíz, sorgo, girasol y cempasúchil en conjunto con el hongo entomopatógeno *Paecilomyces farinosus* a una concentración de 1x10⁷ conidios/mL dentro de un esquema de manejo integrado para la producción rentable de tomate y chile. Los resultados mostraron que la barrera más efectiva para el chile fue la del

maíz, y para el tomate fue el girasol, ambas aplicadas con un tratamiento insecticida químico, para la disminución de la población del insecto. *P. farinosus* fue el segundo mejor tratamiento para el control y rentabilidad del chile y tomate. La utilización *P. farinosus* en combinación con barreras de maíz son efectivos para el control de la mosca blanca.

Ruiz y Medina en 2001 evaluaron la eficacia individual y combinada de diferentes tratamientos con *P. farinosus* y *P. javanicus*, a una concentración de 1×10^7 conidios/mL, agente entomófago (*Chrysopa carnea*), una barrera viva (*Zea mays*) y un insecticida (imidacloprid) para un control de manejo integrado de *Bemisia tabaci* en chile y tomate. Los resultados mostraron que por efecto de las lluvias hubo una disminución en la población del insecto, mientras que, para la acción de los tratamientos en conjunto, mostraron resultados positivos para el rendimiento de los cultivos, lo cual indica que pueden ser utilizados en el manejo integrado de la mosca blanca.

Espinel et al. (2009) trabajaron el efecto individual y de preformulados con *B. bassiana* e *Isaria fumosorosea* en comparación con un bioplaguicida a base de *Lecanicillium lecanii* sobre estadios de *B. tabaci* en laboratorio. Se usaron plantas de frijol que fueron infestadas con insectos adultos y después se asperjó con cada producto a una concentración de 1×10^7 conidios/mL⁻¹ sobre los estadios de huevo, ninfa 1 hasta ninfa 4. Los resultados mostraron que las ninfas uno y dos fueron más susceptibles a los tres tratamientos, *I. fumosorosea* sobresalió en la etapa de huevo y no hubo diferencia entre la aplicación individual o combinada de los productos. Se seleccionó la aplicación individual como la más eficiente para utilizarla en ensayos de campo.

Gonzáles (2008) evaluó diferentes tratamientos con entomopatógenos para el control de la mosca blanca en tomate en invernadero entre los 20 y 50 días después de germinar la planta. Los microorganismos utilizados fueron: *B. bassiana* (insect 1) a una dosis de 1.25 g/L, *Bacillus thuringiensis* (insect 2) a una dosis de 5 ml/L y *P.*

fumoso roseus (insect 3) a una dosis de 0.625 g/L, 1.25 g/L y 5g/L, comparándolos con insecticidas comerciales Bio-Pae, Bio-Bea y un testigo absoluto. Los resultados mostraron que insect 2 (5 ml/L) e insect 3 (5 g/L) fueron los más efectivos para el control de la mosca blanca, seguida de los insecticidas comerciales y el insect 1.

Ek (2012) estudió la patogenicidad de *I. fumoso rosea* contra *Diaphorina citri* y otros insectos plaga utilizando diferentes formulaciones. Evaluó la eficiencia de la formulación con base a la concentración, viabilidad e infección de *I. fumoso rosea* en diferentes formas de producción: esporas, blastosporas, producción con arroz y producción bifásica. Todas las formas de producción mostraron resultados positivos de infección para las plagas. En los bioensayos de laboratorio, mostraron que la máxima infección de *I. fumoso rosea* para la mosquita blanca fue del 80% a una concentración de 1×10^7 conidios/ml en cultivo bifásico.

Flores et al. (2013) evaluaron el potencial microbiológico del hongo *I. fumoso rosea* en el control de *B. tabaci* infestando plantas de frijol en condiciones de invernadero. Aplicaron el hongo durante cinco ocasiones con intervalos de siete días a una concentración de 5×10^9 conidios/g. Los resultados mostraron que los estados ninfales, huevo y pupa del insecto fueron altamente susceptibles al efecto del micoinsecticida.

Ruiz et al. (2013) evaluaron la efectividad de ocho aislados monospóricos de *I. fumoso rosea* nativos del estado de Yucatán y usaron como referencia un aislado monospórico de *I. fumoso rosea* proveniente de una cepa comercial, sobre huevos y ninfas de *B. tabaci*. Realizaron bioensayos de dosis-mortalidad con cuatro 4×10^{-1} concentraciones diferentes: 1×10^0 a 1×10^3 conidios/ml, se evaluó la mortalidad de huevos y ninfas y se calculó la concentración letal media (CL50) y tiempo letal medio (TL50) para todos los aislados. Los resultados para ninfas y huevos no tuvieron variación marcada entre los distintos aislados, y concluyeron que los aislados monospóricos nativos de *I. fumoso rosea* resultaron igual de virulentos que la cepa comercial y se consideran idóneos para el desarrollo de bioplaguicidas.

Burgos et al. (2016) trabajaron con hongos entomopatógenos (*B. bassiana*, *Beauveria brongniartii*, *I. fumosorosea* y *L. lecani*) para evaluar el control de mosca blanca en cultivos de chile dulce bajo condiciones protegidas. El trabajo consistió en dos fases: (1) de laboratorio, realizando la reproducción, pruebas de viabilidad, pureza y pruebas de agresividad. (2) de campo, con instalaciones protegidas (área de trabajo). Obtuvieron que *B. brogniartii* ocasiono mayor mortalidad en estadios ninfales de la mosquita blanca, mientras tres, tuvieron mayor efectividad en adultos. Prieto (2016) trabajo con tres tratamientos con *I. fumosorosea* a distintas 12 11 11 concentraciones: 1×10^8 , 5×10^8 y 3.75×10^8 conidios/ha para evaluar su efectividad en el control de ninfas y adultos de *B. tabaci* en cultivo de chile dulce bajo macro túnel. Se realizaron tres aplicaciones cada tres días. Se realizó el conteo de adultos en campo y ninfas en laboratorio de una muestra representativa de hojas de chile dulce. La concentración de 1×10^{12} conidios/ha tuvo mayor efectividad en comparación con las otras concentraciones, sin embargo, en la primera aplicación no fue notable la disminución de los organismos, pero a partir de la segunda aumento su efectividad igualando la mortalidad que se presentó con el insecticida químico testigo.

Murillo et al. (2020) evaluaron la eficiencia de productos biorracionales en el control de mosca blanca en cultivos de jitomate en invernadero, chile y calabacita a cielo abierto. Para el jitomate se utilizaron tratamientos de aceite Nim + *M. anisopliae*, aceite Nim + *B. bassiana* y aceite Nim + *I. javanica*; para el chile y calabacita se usaron los hongos *M. anisopliae*, *I. fumosorosea* y *B. bassiana*, todos a una 7×10^8 concentración de 1×10^8 mL. En el cultivo de jitomate los tratamientos de aceite Nim + *M. anisopliae* y aceite Nim + *I. javanica* fueron los más efectivos. Para el chile y calabacita, los tratamientos a base de *B. bassiana* y *M. anisopliae* respectivamente, fueron más efectivos que *I. fumosorosea*.

Por otro lado, Navarrete et al, (2006), quienes evaluaron el efecto de algunos derivados de *Azadiracta indica* sobre las poblaciones de *Bemisia tabaco* (GEN) y sus controladores biológicos y Arriola (2011): Evaluación de tres insecticidas a base

de nim *Azadiracta indica* sobre adultos de mosca blanca (*Bemisia tabaci*); ponen de manifiesto el exorbitante potencial de estos mecanismos de control y resaltan la sostenibilidad como un objetivo que se podría lograr haciendo uso de estos elementos (INTA, 2002; Godonou, I., Green, K. R., Oduro, K. A., Lomer, C. J., Afreh-Nuamah, A. 2000; GoetteL, M. 1992, Gutiérrez, W. y Gonzales, C. 2009; Hall, R. 1993, Hernández, V., Berlanga, A. 1995; Humber, R. 1996; Inbar, M; Doostdar, G; Leibee Y Mayer, R; 1999; Jiménez Martínez, Edgardo 2007; Jiménez-Martínez; Varela G. 2013; Junqueira, C; Nunez, L & Luz, C. 2006; Jussieu, A 1789).

De igual manera, muchos son los investigadores (Arias, M. 1995; Balladares, J. 2016; Bethke, J. Y Parrella, M. 1985) que han puesto bajo observación el modo de acción y desarrollo de un amplio espectro de controladores biológicos con el objetivo de determinar, sustentar y validar estas tecnologías como una alternativa al método de control ponderante en la región de Guatemala, tales son los casos de: Alas (2000), quien evaluó la efectividad de cuatro insecticidas biológicos [Mycotrol y Naturalis (*Beauveria bassiana*), Ago Biocontrol (*Verticillium lecanii*) y PFR-97 (*Paecilomyces p1*)] versus un testigo convencional (químico) sobre las poblaciones de ninfas de moscas blancas en el cultivo del melón (*Cucumis melo, L*), los resultados de esta investigación indicaron que Mycotrol fue el insecticida biológico, que ejerció un control similar al del testigo convencional. También se determinó que fue el insecticida que obtuvo la mayor relación beneficio/costo, constituyéndola como una alternativa altamente rentable para el agricultor.

8 METODOLOGÍA

8.1 Área de estudio

El municipio de Guasave está ubicado en la zona noroeste del Estado de Sinaloa, cuenta con una superficie de 2,935.60 kilómetros cuadrados, que representan el 5.1 por ciento de la superficie estatal y el 0.15 por ciento de la superficie nacional de esta superficie, más del 50 por ciento es utilizada para actividades agrícolas (Figura 1).

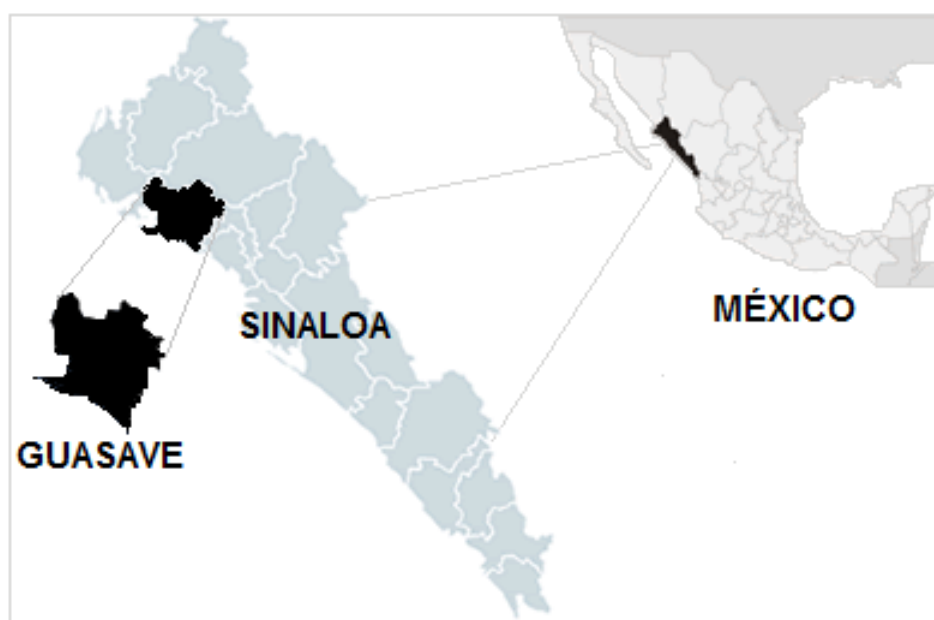


Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Guasave, Sinaloa, México.
Fuente: elaboración propia con datos de INEGI.

8.2 Producto comercial #1. BEA-SIN®, *Beauveria bassiana* | ABNBb 101

Es un bioinsecticida formulado con conidios de la cepa ABNBb 101 del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*; diseñado biotecnológicamente para infectar los huevecillos, ninfas y adultos de Mosquita Blanca (*Bemisia spp.*) hasta causarles la muerte (Figura 2).

Details

Concentración: 1.2×10^9 conidia/mL igual a 1.2×10^{12} conidios de *Beauveria bassiana* en 1 L

Presentación: Suspensión líquida 1 L

Plaga o enfermedad: Mosquita blanca (*Bemisia spp.*)

Cultivos: Chile, chile bell, jitomate, tomate de cáscara, papa y berenjena



Figura 2. Producto comercial BEA-SIN®, elaborado a base del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*.

Momento de aplicación

BEA-SIN® se debe aplicar al detectar las primeras poblaciones de la plaga. Los intervalos de la aplicación son en base a grados de infestación, condiciones ambientales y reinfestación de la plaga. Si las condiciones de temperatura son elevadas se recomienda la aplicación de **BEA-SIN®** muy temprano por la mañana o bien por la tarde.

Modo de aplicación

Preparar una premezcla, ponerla en el tanque de aplicación y completar el volumen de la mezcla de aplicación con agua. Asegurar el pH entre 5.5 y 7.0.

Preparación de la premezcla

En un recipiente con 15 L de agua, con un pH entre 5.5 y 7.0 y dureza inferior a 150 ppm, agregar **BEA-SIN®** y agitar hasta obtener una mezcla homogénea. De ser necesario, utilizar ajustadores de pH y/o dureza.

Preparación de la mezcla para la aplicación

Para hacer la mezcla en el tanque del equipo de aplicación, añadir el dispersante, el acidificante y agua hasta la mitad del volumen de aplicación. Luego, agitar la premezcla y vaciarla en el tanque del equipo de aplicación. Completar el volumen de la mezcla de aplicación con agua.

Para una buena cobertura del follaje en aplicaciones terrestres usar de 100 L a 250 L de agua/ha. En aplicaciones aéreas, de 60 L a 80 L de agua/ha.

Costo del producto:

\$410.00

8.3 Producto comercial #2. DIATA-SIN®, Tierra de Diatomeas

Es un insecticida biorracional formulado con tierra de diatomeas; diseñado para proteger a la planta contra insectos plaga de cuerpo blando, mediante mecanismos de abrasión y sorción (Figura 3).

Detalles

Concentración: Mayor al 50%

Presentación: Polvo humectable WP 4kg

Plaga o enfermedad: Pulgón (*Frankliniella occidentalis*) y mosquita blanca (*Bemisia spp*)

Cultivos: Berenjena, chile, chile bell, jitomate, papa, tomate de cáscara, calabaza, calabacita, chayote, melón, pepino y sandía



Figura 3. Producto comercial DIATA–SIN®, Tierra de Diatomeas, elaborado con tierra de diatomeas.

Modo de aplicación

El intervalo de las aplicaciones dependerá del grado de infestación del cultivo, las condiciones ambientales y la reinfestación de cultivos.

Aplicar **DIATA–SIN®** a razón de 3 a 5 kg por hectárea con equipo terrestre, utilizando de 100 a 250 litros de agua por hectárea.

Preparación de la mezcla para la aplicación

En el equipo de aplicación, ponga la mitad del agua con el dispersante. Luego vierta **DIATA–SIN®** en el equipo de aplicación, y termine de llenarlo con agua.

Costo del producto:

\$420.00

8.4 Producto comercial #3. Neem CE80, extracto de aceite de neem

Insecticida orgánico líquido a base de extracto de neem de fácil aplicación. Efectivo en el control de plagas agrícolas y forestales. Residualidad prolongada. Sus componentes naturales tienen acción insecticida y repelencia contra insectos. Los insectos tratados con el producto retardan o inhiben su alimentación, reduciendo el daño en el sustrato vegetal al no encontrarlo atractivo ni palatable. Como regulador de crecimiento, interfiere en los procesos de cambios de la larva (mudas), se producen fallas morfogénicas, y es frecuente que la exuvia se quede adherida al abdomen y patas, lo que impide el correcto desarrollo del insecto, que muere en el intento de liberarse de su muda (Figura 4).

Puede ser aplicado en los siguientes cultivos:

Aguacatero, Ajo, Arándano, Berenjena, Brócoli, Calabacita, Calabaza, Chile, Chayote, Cebolla, Cebollín, Col, Coliflor, Col de Bruselas, Espárrago, Frambuesa, Fresa, Grosella, Jitomate, Limonero, Lima, Mandarino, Melón, Naranja, Nopal, Papa, Pepino, Pimiento, Sandía, Tabaco, Tangerina, Tomate de cáscara, Toronjo, Zarzamora.

Plagas y enfermedades que controla:

Acaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus*), Araña roja (*Tetranychus urticae*, *Oligonychuspunicae*), Cochinilla (*Dactylopius coccus*), Gusano falso medidor (*Trichoplusia ni*), Mosca blanca (*Bemisia tabaci*) Palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*), Psílido asiático (*Diaphorina citri*), Pulgón negro de los cítricos (*Toxoptera aurantii*), Trips (*Thrips tabaci*, *Frankliniella occidentalis*).

Dosis de aplicación:

Aguacatero 3 L/ha, Amarilidáceas 1 a 2 L/ha, Berries 2 a 3 L/ha, Cítricos 2 a 3 L/ha, Crucíferas 3.0 L/ha, Cucurbitáceas 1.5 a 2 L/ha, Nopal 3 L/ha, Solanáceas 1.5 a 2 L/ha.

Formas de uso:

Deberá realizar de 2 a 3 aplicaciones con intervalos de 7 días. Su aplicación es vía foliar. No hay un intervalo de seguridad entre el último día de la aplicación y la cosecha.

Costo del producto:

\$380.00



Figura 4. Producto comercial Neem CE80 elaborado a base de extracto de aceite de neem.

9 RESULTADOS

9.1 Costos de productos evaluados en el control de mosca blanca

Basados en visitas específicas a empresas del giro agrícola, fue posible determinar los productos más aplicados por productores para el control de la mosca blanca en el cultivo de tomate, así mismo, se encontraron los costos de los productos en sus presentaciones de 1 litro, los productos y costos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Costo (\$) de los diferentes productos aplicados en los tratamientos evaluados en cultivo de tomate durante el ciclo otoño-invierno 2022-2023.

Tratamientos	Costo del producto-L ⁻¹
BEA-SIN®	\$410.00
DIATA-SIN®	\$420.00
Neem CE80®	\$380.00

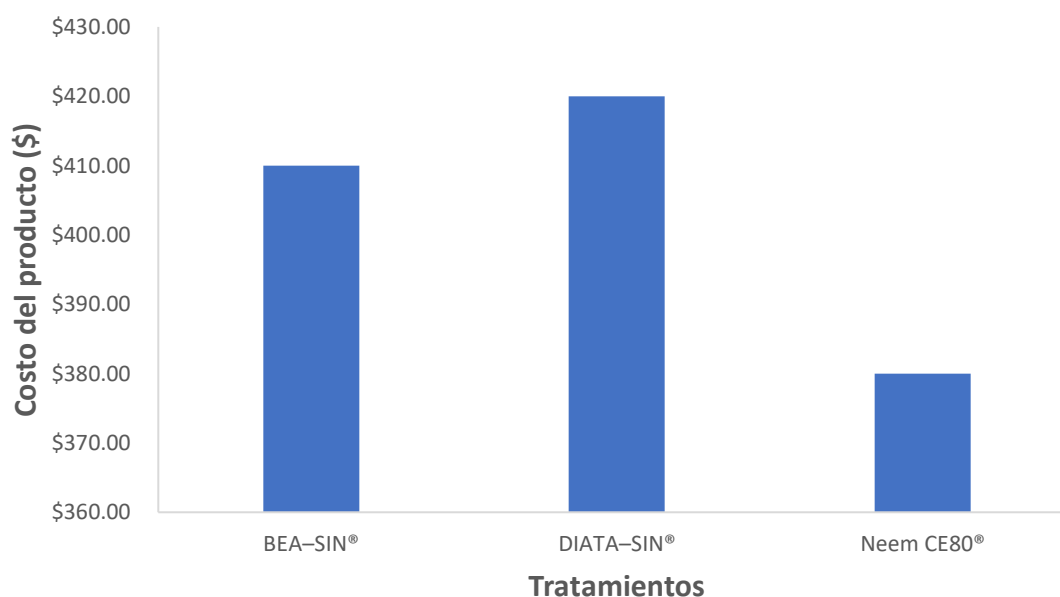


Figura 5. Gráfica del costo de productos utilizados para el control de mosca blanca.

En la Fig. 5 se muestran los resultados de los diferentes costos de los productos comerciales evaluados en la presente investigación, se tiene que el producto con

un costo más elevado es DIATA-SIN®, con un costo de \$420.00 por litro, mientras que Neem CE80® fue el producto de menor costo, con \$380.00 por litro.

9.2 Dosis aplicadas en cultivo de tomate para el control de mosca blanca

Con base en las fichas técnicas de los productos comerciales, fue posible identificar las dosis de aplicación por hectárea para el control de la mosca blanca en el cultivo de tomate, las dosis en L-ha⁻¹ se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Dosis aplicadas en litros por hectárea en los diferentes productos aplicados en los tratamientos evaluados en cultivo de tomate durante el ciclo otoño-invierno 2022-2023.

Tratamientos	Dosis L-ha ⁻¹
BEA-SIN®	15
DIATA-SIN®	4
Neem CE80®	2

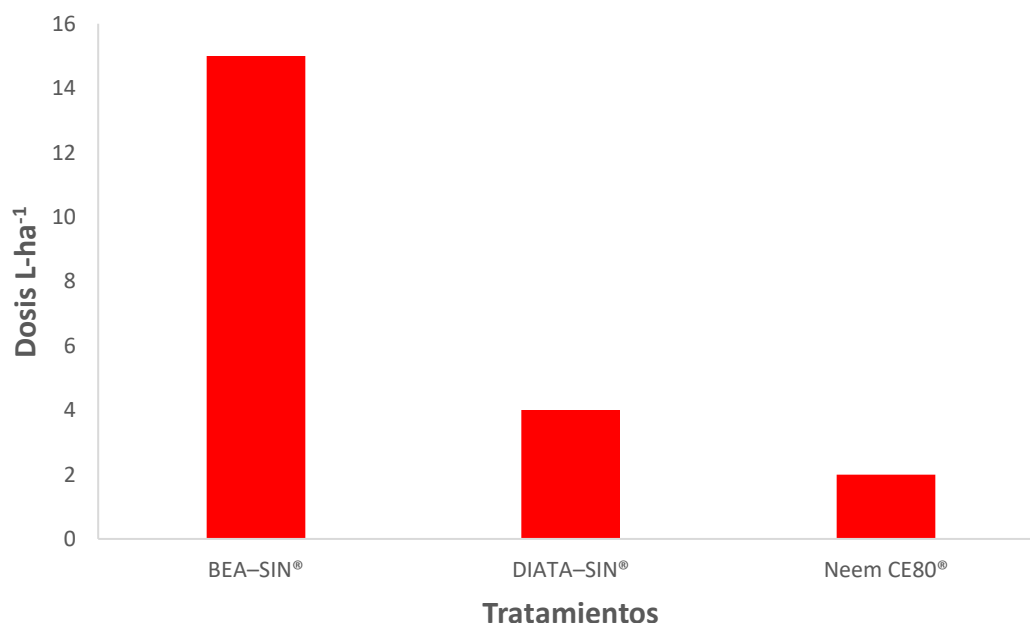


Figura 6. Gráfica de dosis por hectárea de productos aplicados para el control de mosca blanca.

En la Fig. 6 se muestran los resultados de las dosis en litros por hectárea de los productos comerciales evaluados en la presente investigación, se tiene que el producto con una mayor dosis es BEA-SIN®, con 15 litros por hectárea, mientras que Neem CE80® fue el producto de menor dosis requerida en el control de mosca blanca, con 2 litros por hectárea.

9.3 Costos por hectárea de productos aplicados para el control de mosca blanca

Una vez conocidos los costos de los productos y las dosis necesarias por hectárea para el control de la mosca blanca en cultivo de tomate, se determinó el valor de costo por hectárea de los tres productos comerciales analizados en la presente investigación, los costos por hectárea se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Costo (\$) por hectárea de los diferentes productos aplicados en los tratamientos evaluados en cultivo de tomate durante el ciclo otoño-invierno 2022-2023.

Tratamientos	Costo-ha ⁻¹
BEA-SIN®	\$6,150
DIATA-SIN®	\$1,680
Neem CE80®	\$760

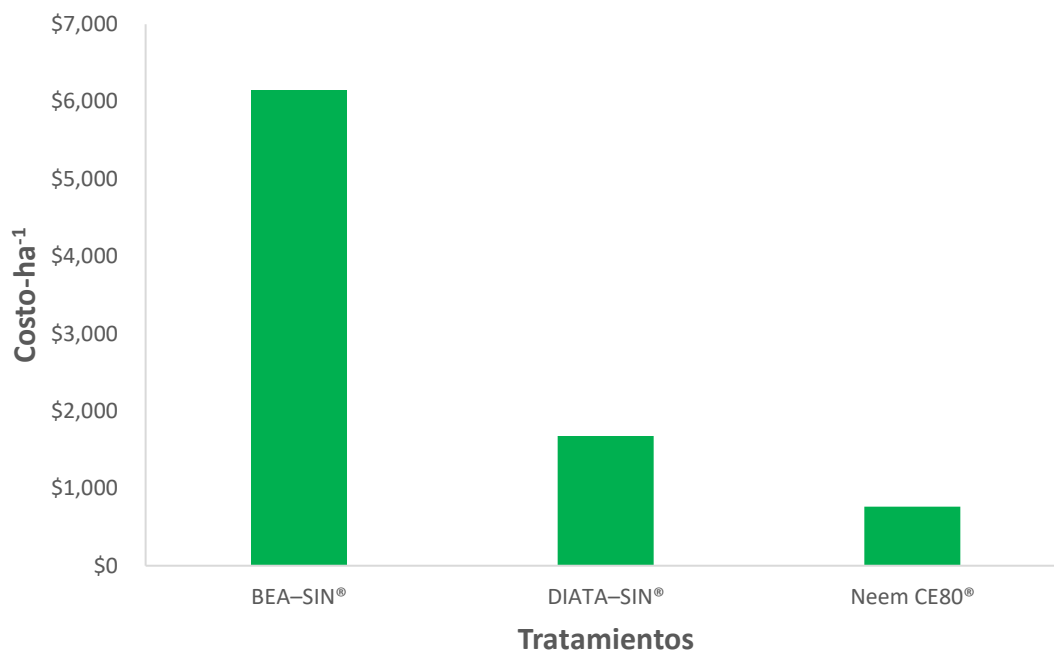


Figura 7. Gráfica de costos por hectárea de productos aplicados para el control de mosca blanca.

En la Fig. 7 se muestran los resultados de los costos por hectárea de los productos comerciales evaluados en la presente investigación, se tiene que el producto con una mayor costo es BEA-SIN®, con \$6,150.00 por hectárea, mientras que Neem CE80® fue el producto con menor costo en el control de mosca blanca, con \$760.00 por hectárea.

10 CONCLUSIONES

- El producto evaluado que genera un menor costo para los productores agrícolas es el Neem CE80®, mismo que tiene un costo de \$380.00 en su presentación de 1 litro, lo cual quiere decir que es redituable para combatir la mosca blanca, ya que controla a la plaga y no genera un costo elevado a los agricultores en cultivo de tomate.
- De los tres productos comerciales evaluados, el que se requiere en una menor cantidad para controlar la mosca blanca por hectárea, es el Neem CE80®, del cual se requiere una dosis de 2 litros por hectárea para el control de la plaga, además de ser un producto biorracional elaborado a base de aceite de árbol de nim.
- El Neem CE80® es el producto con un menor costo de aplicación por hectárea, con \$760.00 que gastaría el agricultor en controlar la mosca blanca, comparado con el DIATA-SIN®, del cual se gastarían \$1,680.00 y con el BEA-SIN®, se gastaría \$6,150.00 por hectárea.
- El presente estudio muestra a los productores de tomate el costo de tres productos naturales para el control de la plaga que más pérdidas económicas les genera, mismos que controlan a la mosca blanca y no contaminan el medio ambiente.

11 RECOMENDACIONES

- Aplicar insecticida biorracional elaborado a base de hongos entomopatógenos y aceites de plantas, ya que las pruebas experimentales realizadas en la presente investigación son el sustento para demostrar al productor agrícola que con la aplicación del insecticida biorracional, se logra el control de la plaga de gusano cogollero.
- Al gobierno que generen una mayor cantidad de programas para apoyar a los productores agrícolas en la producción de sus propios insecticidas biorracionales, de este modo se beneficiará al medio ambiente en general al disminuir la aplicación de insecticidas.
- A las empresas con el giro de producción y venta de insecticidas biorracionales que realicen una mayor difusión de sus productos y servicios para crear conciencia en los productores, una alternativa es tener parcelas demostrativas como el presente proyecto.
- Al Instituto Tecnológico Superior de Guasave que continúe con los apoyos de proyectos que puedan beneficiar a la sociedad, como el presente proyecto que sirve para demostrar una alternativa a los productores agrícolas en el control de la plaga que les genera grandes pérdidas económicas.

12 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anton, S., Narvaez, E., & Hernandez, A. (2014). *Control biológico de enfermedades en Nicaragua*. Nocaragua.
- Avilés, G., Nava, C., Garzón, T., Wong, P., & Pérez, V. (2004). *Manejo integrado de la mosquita blanca Bemisia sp. en tomate para consumo en fresco*. Centro de Investigación Regional del Noroeste Campo Experimental del Valle de Culiacán: INIFAP.
- Brown, J., Bedford, I. D., Bird, J., Osta, H., Frohlich, D., & Markham, P. (1995). Characterization and distribution of esterase electromorphs in the whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae). *Biochemical Genetics*(33), 205-213.
- Burgos, D. C., Lara, F. V., & Recinos, H. W. (2016). *Hongos entomopatógenos para el control de mosca blanca Bemisia tabaci (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) en cultivo de chile dulce (Capsicum annuum L.) bajo condiciones protegidas*. El Salvador: Universidad de El Salvador.
- C. GARCIA, M. G. (2012). USO DE ENEMIGOS NATURALES Y BIORRACIONALES PARA EL CONTROL DE. *Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo*, 57-70.
- Cardona, C., Rendón, F., García, J., López, V. V., Buenos, J., & Ramírez, J. D. (2001). Resistencia a insecticidas de *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera-Aleyrodidae) en Colombia y Ecuador. *Revista Colombiana Entomología*, 33-38.
- Carrillo, R. M., & Blanco, L. A. (2009). Potencial y algunos de los mecanismos de acción de los hongos entomopatógenos para el control de insectos plaga. *Acta Universitaria*, 40-49. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/416/41611810005.pdf>

- CESAVESIN. (2010). *4ta. Megaconvención internacional en sistemas de producción agrícola*. Obtenido de : <http://www.cesavesin.gob.mx/mega/invitacion.pdf>
- Ek, M. J. (2012). *Patogenicidad de Isaria fumosorosea Wize (Ascomycota: Hypocreales) contra Diaphorina citri Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) y otros insectos plaga*. . Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- El Nuevo Diario. (21 de diciembre de 2007). Convocatoria. *La Gaceta*, págs. 246-247.
- EMBRAPA. (2005). *Manejo integrado de mosca- branca*. Brasilia: Comunicado Técnico 30.
- Espinel, C. C., Torres, T. L., & Cotes, P. A. (2009). Efecto de hongos entomopatógenos sobre estados de desarrollo de Bemisia tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 18-21.
- Flores, M., Pucheta, D., Ramos, L. M., Rodríguez, N. S., Ramos, E. G., & Juárez, R. D. (2013). Estudio del hongo entomopatógeno Isaria fumosorosea como control microbiológico de la mosquita blanca Bemisia tabaci. *Interciencia*(38), 523-527.
- G. J. DEVINE, D. E. (2008). Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 281-306.
- González, P. J. (2008). *Análisis de la empresa a través de su información económico-financiera. Fundamentos teóricos y aplicaciones*. Madrid: pirámide.
- González, R., Silva, G., Urbina, A., & Gerding, M. (2017). Aceite esencial de Eucalyptus globulus Labill y Eucalyptus nitens H. Deane & Maiden (Myrtaceae) para el control de Sitophilus zeamais Motschulsky. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 3(32), 204-216.

- Hafeez-ur-Rehman, Nadeem, M., Ayyaz, M., & Begum, H. A. (2015). Comparative efficacy of neem oil and lambda-cyhalothrin against whitefly (*Bemisia tabaci*) and jassid (*Amrasca devastans* Dist) in okra field. *Russian Agricultural Sciences*, 138-145.
- Hilje Quirós, L. (20 de Junio de 2018). *Avances hacia el manejo sostenible del complejo mosca blanca-geminivirus en tomate, en Costa Rica (en línea)*. Obtenido de <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr:80/handle/11554/5817>.
- IICA. (2016). *Manual de cultivos protegidos: Una estrategia de resiliencia ante el cambio climático*. San Lorenzo: Instituto Tinteramericano de Cooperación para la Agricultura.
- INIA. (2018). *Manejo integrado de plagas mosquita blanca*. Obtenido de www.inia.cl/mateo/
- Internacional, C. (2024). *Crop Protection Compendium*. Wallingford, UK.
- J. A. BAUM, T. B. (1999). *Bacillus thuringiensis: Natural and recombinant bioinsecticide products*. In: *Biopesticides: Hall and J. J. Menn.*, 189-209.
- Jarquín, D. (2004). *Evaluación de cuatro variedades de tomate (Lycopersicum esculentum Mill). Basado en el complejo mosca blanca (Bemisia tabaci) Geminivirus, en la comunidad de Apompúa, Potosí, Rivas, Nicaragua*. Managua Nicaragua: Tesis de MS.C.
- Jimenez-Márquez, E. (1999). Evaluación de alternativas de semillero de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) contra el ataque del complejo mosca blanca (*Bemisia tabaci*, Gennadius).Geminivirus. *La Calera*(6), 63.
- Mascarin, G. M., & Joronski, S. T. (2016). The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*(32), 177.

- Mohamed, T. (2015). *Entomopathogenic Fungi and their role in biological control*. doi:10.4172/978-1-63278-065-2-66.
- Murillo-Cuevas, F., Cabrera Mireles, H., Adame-garcía, J., Fernandez-Vios, J., Villegas-Narváez, J., López-Morales, V., & Meneses-Márquez, I. (2020). Evaluación de insecticidas biorracionales en el control de mosca blanca (Hemiptera: Aleyrodidae) en la producción de hortalizas. *Biotechnia*, 39-47.
- Navarrete, B., Valarezo, O., Cañarte, E., & Solorzano, R. (2006). *Efecto del nim (azadirachta indica juss.) Sobre bemisia tabaci gennadius (hemiptera: aleyrodidae) y controladores biológicos en el cultivo del melón cucumis melo l.* . Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Departamento Nacional de Protección Vegetal- Entomología.
- O'Farril, N. H. (2008). Obtenido de <http://academic.uprm.edu/ofarrill/HTMLobj-323/biorational.pdf>
- Pascal, E., Vásquez, H., & Chirinos, A. (2018). La Mosca Blanca (Homoptera: Aleyrodidae) y su importancia en el ámbito agroproductivo. *Memorias del I congreso Enseñanza de las Ciencias Naturales*.
- Prieto, N. H. (2016). *Evaluación de tres concentraciones de Isaria fumosorosea para el control de Bemisia tabaci en cultivo de chile dulce bajo macro túnel*. Zamorano, Honduras.
- Pucheta, D., Flores, M. A., & Rodríguez, N. S. (2006). Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. *Interciencia*, 856-860.
- Rakha, M., Hanson, P., & Ramasamy, S. (2017). Identification of resistance to Bemisia tabaci Genn. in closely related wild relatives of cultivated tomato based on trichome type analysis and choice and no-choice assays. . *Genetic Resources and Crop Evolution*, 247-260.

- Robles, M. (2018). *La organización económica de los pequeños y medianos productores, presente y futuro del campo mexicano*. Obtenido de https://www.agter.org/bdf/es/corpus_chemin/fiche-chemin-770.html
- Ruiz, S. E., Chan, C. W., Alejo, J., Tun, S. J., Pérez, G., & Lara, R. (2013). Virulencia de aislados monospóricos de *Isaria fumosorosea* sobre inmaduros de *Bemisia tabaci*. . *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 381-392.
- Ruiz, V. J., & Aquino, B. (1999). Manejo de *Bemisia tabaci* mediante barreras vivas y *Paecilomyces* en Oaxaca, México. . *Manejo Integrado de plagas (Costa Rica)*, 80-88.
- Ruiz, V. J., & Medina, Z. J. (2001). Avances en el manejo integrado de *Bemisia tabaci* en tomate y chile en Oaxaca, México. . *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, 34-40.
- Scotta, R. (2013). *Mosca blanca de los invernaderos: Daños, factores que afectan la población y su manejo en el cultivo de tomate. Tesis Doctoral*. Monterrey: Universidad de Nuevo Leon.
- SIAP, S. d. (2022). *Producción nacional de tomate, porcentaje de producción por entidad federativa*. Obtenido de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Smith, G. H., Roberts, J. M., & Pope, T. W. (2018). Terpene based biopesticides as potential alternatives to synthetic insecticides for control of aphid pests on protected ornamentals. *Crop Protection*, 125-130.
- Solano, A., Flores, D., Hinojosa, R., & Cervantes, M. (2022). Capacidad antioxidante de aceite esencial de hojas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) extraído por energía ultrasónica. . *Journal of Agri-food Science*, 1-11.
- Téllez, J. A., Cruz, R. M., Mercado, F. Y., Asaff, T. A., & Arana, C. A. (2009). Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. . *Revista Mexicana de Micología*, 73-80.

- Toledo, P. C. (2019). *Beauveria bassiana* with flupyradifurone for the control of *Trialeurodes vaporariorum* Vuill in French beans crop. *Agronomia Mesoamericana*, 647-658.
- Toledo, P. C. (2020). Enemigos naturales nativos de mosca blanca (Hemiptera: Aleyrodidae) en el cultivo de ejote francés en Chimaltenango, Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 98-106.
- Torrenegra, M., Granados, C., & León, G. (2019). Extracción, caracterización y actividad antioxidante del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* Labill. *Revista Cubana de Farmacia*, 1-12.
- Vázquez, L. L., Murgido, C., Ibis, E. A., Elósegui, O., & Morales, J. F. (2007). *Control biológico de la mosca blanca Bemisia tabaci*. Cuba: INISAV.
- Zuñiga, C., & Ramirez, P. (2002). *Los Geminivirus, patógenos de importancia mundial. Manejo integrado de plagas y agroecológica*. Turrialba, Costa Rica.

13 ANEXOS

Anexo 1. Preparación de terreno para siembra de cultivo de tomate en campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave.



Anexo 2. Establecimiento del cultivo de tomate en Campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave.



Anexo 3. Aplicaciones de productos evaluados y manejo del cultivo de tomate en campo abierto.

