



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN**

**Efectividad biológica de Benzoato de
Emamectina para el control de insectos plaga
en cultivos de Brassicas**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÍCOLA

PRESENTA:

INTI EHECATL SOTO HERRERA

ASESOR:

M.C. JUAN ROBERTO GUERRERO AGAMA

Cuautitlán, Izcalli, Estado de México, 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

| | Página |
|---|---------------|
| ÍNDICE DE TABLAS | <i>ii</i> |
| ÍNDICE DE FIGURAS | <i>iii</i> |
| RESUMEN | <i>iv</i> |
| | |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| | |
| 1.1. Objetivo general | 3 |
| 1.2. Objetivos particulares | 3 |
| 1.3. Hipótesis | 3 |
| | |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA | 4 |
| | |
| 2.1. Métodos para el control de insectos plaga | 4 |
| 2.1.1. Control Mecánico | 5 |
| 2.1.2. Control Físico | 6 |
| 2.1.3. Control Cultural | 7 |
| 2.1.4. Control Biológico | 9 |
| 2.1.5. Control Químico | 10 |
| 2.1.6. Control Etológico | 11 |
| 2.1.7. Control Genético | 12 |
| 2.1.8. Control Legal | 13 |
| 2.1.9. Manejo Integrado de Plagas | 14 |
| 2.2. Bioinsecticidas | 15 |
| 2.3. Importancia económica de las Brassicas | 19 |
| 2.4. Antecedentes de Benzoato de Emamectina y Dimetoato | 23 |
| 2.4.1. Benzoato de Emamectina | 23 |
| 2.4.2. Dimetoato | 24 |

| | |
|--|----|
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 26 |
| 3.1. Ubicación del experimento | 26 |
| 3.2. Diseño experimental | 26 |
| 3.3. Variables a evaluar | 28 |
| 3.4. Manejo del cultivo | 31 |
| 3.5. Ingredientes activos | 31 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 35 |
| 4.1. Análisis de efectividad en larvas de <i>Leptophobia aripa</i> (Boisduval) | 35 |
| 4.2. Análisis de efectividad de huevecillos de <i>Leptophobia aripa</i> (Boisduval) | 38 |
| 4.3. Análisis de efectividad en adultos de <i>Murgantia histrionica</i> (Hahn) | 41 |
| 4.4. Análisis de efectividad de estadios ninfales de <i>Murgantia histrionica</i> (Hahn) | 43 |
| 4.5. Análisis de daño foliar | 45 |
| V. CONCLUSIONES | 48 |
| VI. BIBLIOGRAFÍA | 50 |
| ANEXOS | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pag. |
|--|------|
| Tabla 1. Estados productores de Coliflor. | 19 |
| Tabla 2. Estados productores de Col. | 20 |
| Tabla 3. Estados productores de Brócoli. | 22 |
| Tabla 4. Tratamientos para evaluar la Efectividad biológica de Benzoato de Emamectina para el control de insectos plaga en cultivos de <i>Brassicac</i> . | 26 |
| Tabla 5. Calendario de Aplicaciones para evaluar la Efectividad biológica de Benzoato de Emamectina para el control de insectos plaga en cultivos de <i>Brassicac</i> . | 27 |
| Tabla 6. Grados de daño foliar conforme a la escala de Stover modificada por Gaul (1989). | 30 |
| Tabla 7. <i>Determinación de efectividad de Benzoato de Emamectina mediante la formula de Abbot en el control de en larvas de Leptophobia aripa, en el cultivo de Brassicac.</i> | 36 |
| Tabla 8. <i>Comparación de medias de Tukey, para determinación de efectividad de Benzoato de Emamectina, en el control de huevecillos de Leptophobia aripa por planta, en el cultivo de Brassicac</i> | 39 |
| Tabla 9. Comparación de medias para determinación de efectividad mediante la formula de Abbot en Huevecillos de <i>Leptophobia aripa</i> . | 39 |
| Tabla 10. Comparación de medias para determinación de efectividad mediante la formla de Abbot en <i>Murgantia histrionica</i> (Hahn) adultos. | 42 |
| Tabla 11. Comparación de medias para determinación de efectividad mediante la formula de Abbot en estadios ninfales de <i>Murgantia histrionica</i> Hahn. | 44 |
| Tabla 12. Media poblacional de <i>Murgantia histrionica</i> Hahn, para determinar la efectividad del Benzoato de Emamectina. | 44 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pag. |
|---|------|
| Figura 1. Aplicación de insecticidas (tratamientos) en cultivos de <i>Brassicas</i> , llevando los equipos de seguridad y con barreras de contención. | 28 |
| Figura 2. Monitoreo de <i>Murgantia histrionica</i> (Hahn). | 29 |
| Figura 3. Daño foliar grado 5 en tratamiento testigo para la determinación de efectividad biológica de Benzoato de Emamectina en cultivo de Brócoli. | 30 |
| Figura 4. Respuesta a la aplicación de Benzoato de Emamectina y Dimetoato, en cultivo de Brassicas para el control de larvas de <i>L. aripa</i> , durante 48 ddt. | 36 |
| Figura 5. Plantas de Brassicas del tratamiento testigo afectadas por larvas de <i>L. aripa</i> . | 37 |
| Figura 6. Número de huevecillos de <i>Leptophobia aripa</i> por planta, para determinar la efectividad del Benzoato de Emamectina. | 38 |
| Figura 7. Huevecillos secos de <i>Leptophobia aripa</i> , en la determinación de efectividad de Benzoato de Emamectina en el control de insectos plaga. | 40 |
| Figura 8. Respuesta a la aplicación de Benzoato de Emamectina y Dimetoato, en cultivo de Brassicas para el control de adultos de <i>Murgantia histrionica</i> , durante 48 ddt. | 41 |
| Figura 9. Respuesta a la aplicación de Benzoato de Emamectina y Dimetoato, en cultivo de Brassicas para el control de estadios juveniles de <i>Murgantia histrionica</i> , durante 48 ddt. | 43 |

Figura 10. Comportamiento del daño foliar, para la determinación de la 45
efectividad del Benzoato de Emamectina.

Figura 11 Comparativa de daño foliar ocasionado por *Leptophobia aripa*, entre 46
los tratamientos de Benzoato de Emamectina (BdE) y Dimetoato
(Dto), para el control de insectos plaga en cultivos de Brassicas.

RESUMEN

Se llevó a cabo un trabajo para probar la efectividad biológica de Benzoato de Emamectina a diferentes dosis, para el control de poblaciones de insectos plaga asociados a plantas del género Brassica; comparando con el control realizado con Dimetoato, que es un insecticida químico comúnmente utilizado en el lugar donde se llevó a cabo la investigación. Además de determinar la dosis óptima de Benzoato de Emamectina para lograr un mejor control de los insectos plaga.

El trabajo se desarrolló en el área de producción de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, en el Municipio de Cuautitlán Izcalli, México en una superficie de 882 m², sobre un policultivo de Brassicas, compuesto por brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*), coliflor (*B. oleracea* var. *botrytis*) y col (*B. oleracea* var. *capitata*).

El trabajo experimental se llevó a cabo con un diseño experimental en bloques completos al azar, con 5 tratamientos y 4 repeticiones. Las variables que se consideraron para determinar la efectividad en el control de insectos plaga, fueron el número de plantas con presencia de huevecillos o larvas de *Leptophobia aripa* Boisduval; el número de plantas con presencia de estadios juveniles y adultos de *Murgantia histrionica* Hahn; así como la estimación de daño foliar.

La respuesta a los insecticidas aplicados estableció que los márgenes de efectividad del Benzoato de Emamectina (BE) van de un 60-80% de efectividad, no se encontró diferencia estadística significativa comparándolo con la respuesta en la aplicación del Dimetoato (Dto); pero es importante considerar que BE es un producto más amigable con el ambiente y por tanto utilizable para la producción bajo mayores márgenes de seguridad. También se encontró que el BE en concentración de 500 mL·ha⁻¹ resultó ser el ingrediente activo con mejor efecto controlador para larvas de *L. aripa* (Boisduval) y estadios juveniles de *M. histrionica*. En el caso del control de huevecillos de *L. aripa* y el grado de daño foliar, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, que considerando la fórmula propuesta por Abbott (1925), la efectividad del Benzoato de Emamectina es superior al efecto generado por el Dimetoato.

INTRODUCCIÓN

La FAO (2009), consideró la necesidad mundial de producir 70% más de alimentos para el sustento de una población más numerosa en todo el planeta y para 2050, la agricultura deberá suministrar el 80% de los alimentos del mundo; ante este panorama, es necesario tomar estrategias entre las que se encuentra el reducir las pérdidas de productos del campo causadas por las plagas de los cultivos. En 1990, la FAO definió el término plaga como cualquier especie, raza, biotipo vegetal o animal, agente patógeno, dañino para las plantas o productos vegetales y estimó que las pérdidas en la producción agrícola mundial por insectos plaga, pueden fluctuar entre 20 y 40%, lo que ocasiona mermas económicas de miles de millones de dólares al año.

En México, más del 80% de las unidades de producción agropecuaria se quejan de los altos costos de insumos y servicios; de estos el 78.2% han reportado pérdidas debidas a causas climáticas, plagas y enfermedades; por lo que es necesario la búsqueda de agentes plaguicidas más efectivos, de menor costo y más amigables con el ambiente (Zepeda, 2018).

Para determinar la acción de un plaguicida, es necesario determinar la efectividad biológica lo cual es el resultado que se obtiene al aplicar un insumo en el control o erradicación que afecta a los vegetales. Entendiéndose como insumo a cualquier sustancia o mezcla utilizada en el control de plagas de los vegetales tales como plaguicidas, agentes de control biológico, material transgénico, feromonas atrayentes y variedades de plantas cultivadas resistentes a plagas (NOM-032-FITO-1995).

Ledesma (2015) considera una clasificación de insecticidas con base en una segmentación generacional en cinco grupos:

1ª Generación: incluye inorgánicos como el arsénico, orgánicos vegetales como la nicotina, piretrinas naturales y la rotenona; además de orgánicos minerales como los aceites minerales.

2ª Generación: considera orgánicos sintéticos como los clorados donde se ubican HCH, ddt, y el Heptacloro); Fosforados, como el Malatión y el Paratión etílico; Carbamatos como Carbaril y Carbofuran); Piretroides como Deltametrina, Permetrina y Cipermetrina.

3ª Generación: Donde se ubican los microbianos y las feromonas.

4ª Generación: Considera hormonas juveniles como Diflubenzuron y Metoprene.

5ª Generación: Se agrupan las antihormonas: de tipo vegetal como precocenos y a base de microorganismos como el Avermectin.

Dentro de los productos de 5ª Generación se encuentra el Benzoato de Emamectina, que es un derivado de la abamectina que se obtiene de la fermentación del actinomicete *Streptomyces avermitilis*, por lo que se reconoce como una síntesis orgánica dentro de la clasificación de insecticidas. Se conocen ocho abamectinas de estructura química muy parecida, aunque complicada, que derivan de este actinomicete y se denominan por letras, números y subíndices. El producto activo usado como insecticida es una mezcla de las abamectinas B-1a y B-1b en proporción 4:1 (De Liñan, 2003).

En la actualidad, el uso incorrecto e indiscriminado de activos químicos para el control de plagas ha traído consigo un aumento en la residualidad de estos activos en el suelo, además de crear resistencia de plagas a estos productos, aumentando considerablemente las pérdidas económicas y gastos de insumos. Dentro de los plaguicidas que se están aplicando en sistemas agrícolas de granos básicos, se encuentra el Benzoato de Emamectina, el cual es un insecticida no sistémico, penetrante, derivado de la abamectina, con acción por ingestión y algo por contacto, además de una larga vida residual (Warey & Whitacre, 2004). Actúa potenciando la capacidad de los neurotransmisores como el glutamato y el ácido g-aminobutírico, GABA, que estimulan el flujo de iones cloro a las células nerviosas y que a su vez provocan la pérdida de la función celular e interrupción de los estímulos nerviosos de los insectos.

Los activos de última generación, creados a partir de bases orgánicas son una solución viable para el control de las plagas y enfermedades; siendo posible que sea parte de los agentes de control permitidos en la producción de cultivos de hortalizas como las de la familia de las Brassicaceae, donde no se tiene reporte de su utilización y que son cultivos que deben tener certificación en inocuidad, además de la importancia económica por superficie destinadas a su cultivo y ser una especie que tiene un mercado de exportación que el SIAP reportó, que en 2017 se tuvo una producción de 567 mil toneladas de Brócoli, presentando un 28% de producto de exportación. Por ello, el presente trabajo, considera determinar la efectividad biológica de

este plaguicida en un cultivo de Brassicas, en el municipio de Cuautitlán Izcalli y considerando como testigo regional al Dimetoato, que es el producto que se aplica para el control de insectos en el predio donde se llevó a cabo esta investigación.

1.1. Objetivo General

Evaluar la efectividad biológica de Benzoato de Emamectina, en el control de insectos plaga, en cultivos de Brassicas.

1.2. Objetivos particulares

- Analizar la efectividad biológica del Benzoato de Emamectina, en comparación con la aplicación de Dimetoato, considerado como testigo regional.
- Determinar que concentración tiene un mejor efecto en el control de insectos plaga, en el cultivo de Brassicas.
- Evaluar dos diferentes concentraciones de Benzoato de Emamectina, en el control de insectos plaga en el cultivo de Brassicas.

1.3. Hipótesis

H0.- El Benzoato de Emamectina igualará o tendrá un mejor efecto controlador en comparación con el testigo regional.

H1.- El Benzoato de Emamectina no igualará o tendrá un menor efecto controlador en comparación con el testigo regional.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

La FAO (2017) define a las plagas como cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales; de hecho, plantas y herbívoros han evolucionado juntos, interactúan durante más de 400 millones de años; las plantas produciendo sustancias químicas y estructuras físicas para alejar a los herbívoros y éstos desarrollando mecanismos para sobrevivir a los venenos y a las barreras físicas impuestas por las plantas.

2.1. Métodos para el Control de Insectos Plaga

El momento determinante para la intensificación de monocultivos fue a partir de la llamada revolución verde, donde comienza una producción masiva de alimentos y, a su vez, la multiplicación de insectos plaga, al disminuir los depredadores o controladores naturales, dando comienzo a un ciclo biológico que genera la necesidad de crear ingredientes activos que ayuden al combate de las plagas; sin embargo, con el paso del tiempo el uso continuo de un mismo activo genera resistencia y es necesario la creación de nuevas fórmulas o modificación de las ya existentes (Altieri y Nichols, 2007).

El objetivo principal de los métodos de control es mantener la densidad poblacional por debajo de los umbrales económicos, pero se tienen que seguir estrategias para la prevención, erradicación o control de los insectos plaga, dichos procesos pueden ser de origen natural o artificial. Una estrategia por definición conlleva el uso de más de un método, por eso para un control integrado de plagas no se puede excluir ninguna táctica (Jiménez, 2009).

La implementación de las estrategias del control de plagas, sobre todo la reducción de las densidades de las poblaciones de insectos, requiere de la utilización de diversos métodos o técnicas de control. Cisneros (1995) clasificó a los métodos para el control de insectos, por su naturaleza, de la manera siguiente:

1. Control Mecánico
2. Control Físico

3. Control Cultural
4. Control Biológico
5. Control Químico
6. Control Etológico
7. Control Genético
8. Control Legal
9. Manejo Integrado de Plagas

2.1.1. Control Mecánico

El control mecánico es tan antiguo como el origen de la agricultura y a su vez de los más sencillos en la lucha contra los insectos; siendo técnicas que consisten en quitar y destruir los insectos y órganos infestados de las plantas; así como apartar insectos y otros animales por medio de las barreras y otros medios que dificulten su acceso o estancia en los cultivos; en este tipo de método lleva consigo el uso de mano de obra en abundancia y es por esa misma razón que no son viables para extensiones grandes de superficie y en ciertos casos, particularmente cuando se trata de agricultura en pequeñas superficies, el control mecánico puede aplicarse con relativa eficiencia. (Jiménez, 2009).

Entre las diversas técnicas de control mecánico se pueden mencionar las siguientes:

- **Colecta de Insectos**

Según Luna (2005) se puede clasificar de manera muy general la colecta de insectos en directa o activa e indirecta o pasiva. La primera es aquella en que el colector busca de manera activa a los insectos en su ambiente, ya sea sobre el sustrato o sobre la planta, en el cultivo u hospederos. Mientras que la colecta indirecta o pasiva, se puede realizar con diferentes estructuras de trampas como las redes, buscando siempre que el calibre de la red sea el menor para asegurar que los insectos no escapen de ella, en este tipo de colecta se pueden utilizar atrayentes.

La colecta de insectos tiene como objetivo principal reducir la población plaga, un segundo objetivo, visto desde el punto de vista técnico, una colecta de insectos nos permite describir morfológicamente al insecto y conocer su ciclo biológico, permite un control exitoso y determinar el nivel de daño que podría ocasionar una determinada especie de insecto, en un determinado momento de su ciclo de vida (Rogg, 2000).

- **Eliminación de Órganos Infestados**

Existen casos, específicamente en frutales, donde durazneros atacados por la escama blanca (*Pseudaulacaspis pentagona* Targioni) y más raramente con los cítricos jóvenes atacados por el piojo blanco (*Pinnaspis spp*), las podas drásticas pueden provocar una reacción favorable de los árboles formando nuevas copas con ramaje sano; cuando los botones y frutos que se encuentran infestados se distinguen fácilmente, lo cual permite su recolección manual y los órganos recolectados se destruyen para eliminar a los insectos que se encuentran en ellos. La destrucción de los frutos se logra quemándolos o enterrándolos en fosas suficientemente profundas que no permitan la emergencia de los insectos (Cisneros, 1995).

2.1.2. Control Físico

Este control considera el uso de cualquier agente físico, como la temperatura, humedad, luz solar, fotoperiodo o radiaciones electromagnéticas, en intensidades que resulten mortales a los insectos plaga, sin alterar ninguna de las propiedades de la planta o cultivo (Cañedo, 2011). Todos los seres vivos se ven afectados por los factores ambientales en los que logran desarrollarse adecuadamente, en los extremos de esos límites suelen encontrar la muerte y ahí es donde se justifica el uso de este método; varía según las especies de insectos y para una misma especie puede ser diferente de acuerdo a su estado de desarrollo.

Los factores físicos del ambiente en el campo son esencialmente los constituyentes del clima, factores que hasta el presente no pueden ser manipulados por el hombre en gran medida; sin embargo, en algunos casos es posible lograr algunas variaciones microclimáticas que tienen

efecto sobre las plagas, como el manejo de la densidad del cultivo (distancia entre plantas y entre surcos), la orientación del surco respecto al movimiento del sol, entre otras acciones.

- **Manejo de la Temperatura**

Un ejemplo del manejo de la temperatura para el control de plagas, es a través de la técnica conocida como solarización del sustrato, que consiste en elevar la temperatura de por lo menos los primeros 5 cm de la superficie de cultivo, aprovechando la humedad del suelo para evaporar agua y con una película plástica que no permite la pérdida de calor, calentando durante las horas de mayor radiación solar, la sensibilidad de los organismos al calor está relacionada con los límites de fluidez de sus membranas, se llegan a alcanzar temperaturas hasta 40 a 60°C, donde la dosis letal en promedio es de 37°C, pero el tiempo de exposición es un factor a considerar (Irmaileh, 2004).

2.1.3. Control Cultural

El control cultural consiste en la utilización de las prácticas agrícolas ordinarias o algunas modificaciones de ellas, con el propósito de contribuir a prevenir los ataques de los insectos, hacer el ambiente menos favorable para su desarrollo, destruirlos, o disminuir sus daños, en general no se trata de medidas tomadas de improviso, ante la presencia de la plaga, sino que, por el contrario, normalmente responden a una planificación previa dentro del proceso de producción agrícola e incluye actividades como: labores de preparación de tierras, métodos de siembra, selección de variedades, aporques, manejo del agua y de los fertilizantes, índices de cosecha, periodos de campo limpio, entre otras actividades de cultivo; la adecuada aplicación de las prácticas agrícolas con estos fines, requiere de conocimientos apropiados sobre la fisiología y fenología de las plantas cultivadas y de sus características agronómicas, así como de las modalidades de las prácticas agrícolas propiamente dichas y naturalmente, un buen conocimiento de la biología de las plagas, su comportamiento y su ocurrencia estacional (Cisneros, 1995).

- **Rotación de Cultivos**

Las rotaciones de cultivos se pueden considerar como una clase especial de asociación de especies cultivadas, pues las plantas son colocadas en relevo no intercaladas; estas rotaciones pueden ser un método altamente efectivo para evitar daños serios de plagas en los suelos, incluyendo las bacterias y hongos causantes de marchites, nematodos e insectos y se debe considerar que los enemigos naturales especializados (monófagos) pueden ser adversamente afectados por este método. (Jiménez, 2009). El mejor ejemplo de asociación lo constituye el sistema de maíz-frijol, siendo el sistema maíz-sorgo mínimamente efectivo, pues ambas especies pertenecen a una misma familia; mientras que en la rotación de cultivos hortícolas puede involucrar a las solanáceas con cucurbitáceas.

- **Control de la Densidad**

Entre más elevada la densidad de siembra mayor será la cantidad de alimento disponible para plagas, también aumentarán las condiciones favorables para la dinámica poblacional de los insectos. A mayor densidad mayores deben de ser las medidas preventivas para las plagas y enfermedades; en general se considera que una densidad alta como consecuencia de la poca distancia entre plantas y/o entre surcos, lo que puede producir un ambiente de alta humedad y reducción de la insolación debajo del follaje, favoreciendo a numerosas especies de insectos y enfermedades de las plantas (Cisneros, 1995).

- **Fechas de Siembra**

La calendarización de cultivos es una práctica frecuente debido, en la mayoría de los casos, por los ciclos temporales donde existen condiciones propicias para el desarrollo del cultivar, aunque al mismo tiempo son las condiciones que aprovechan los insectos plaga. Adelantar la fecha o atrasarla según a conveniencia puede permitir manejar el ciclo biológico de plagas, como lo comentaron la RAIF (2018) comenta sobre el éxito en el cambio de las fechas de siembra para el control de la mosca del trigo o mosca de hesse en los campos de Andalucía, España y entendiendo los ciclos biológicos de los insectos plaga se puede aplicar a los demás esquemas de producción.

- **Cultivos Asociados**

La asociación de cultivos es una práctica alternativa que promueve una mayor biodiversidad, mejora el uso de los recursos naturales, disminuye el riesgo de pérdida total de la cosecha y proporciona protección contra daños por plagas y enfermedades. La protección contra enfermedades en cultivos asociados se explica por un retraso en el ataque por los patógenos, reducción en la diseminación de esporas por barreras físicas y modificación del microclima por sombreado (Rodríguez et al., 2008)

Rodríguez (2001) realizó investigación acerca de las propiedades nematocidas, fungicidas e insecticidas que posee *Tagetes spp.* y su interacción con otros cultivos, encontrando que la asociación de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) o chile (*Capsicum annuum* L.) con *T. erecta*. abatió la población de insectos transmisores de virus, observando disminución de áfidos alados en un 83 a 99% y de mosquitas blancas de un 31 a 50%, con respecto al testigo; en consecuencia, hubo un número menor de plantas con síntomas de virosis. Además, en asociación con cultivo de col (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* D.C.), permitió un mejor manejo de la palomilla de la col *Pieris rapae* L; mientras que con tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) hubo una menor población de larvas de *Heliothis armigera* Hb. (*Helicoverpa armigera*), ya que el insecto prefirió las plantas de *Tagetes* para la oviposición.

En las zonas templadas hay un consenso general de que todo tipo apropiado de diversificación del agroecosistema puede conducir a menos problemas de plagas, aunque solo existen unos pocos ejemplos buenos de la exitosa aplicación de esta idea en la práctica (Jiménez, 2009).

2.1.4. Control Biológico

El control biológico es la eliminación de los insectos plaga a través de sus predadores naturales, ya sean patógenos o parásitos, también llamados parasitoides, los cuales viven dependiendo del hospedero del cual se van alimentando hasta causarle la muerte, periodo en el cual aprovechan para completar su desarrollo larval. Los depredadores son insectos u otros animales que causan la muerte de las plagas (víctimas o presas) en forma más o menos rápida, succionando la hemolinfa o devorándolos. Mientras que los patógenos son microorganismos

como virus, rickettsias, bacterias, protozoarios, hongos y nematodos, que causan enfermedades o epizootias entre las plagas (Martínez, 2010).

Muchas veces, por razones diversas, la proporción adecuada entre la densidad de los enemigos naturales y la densidad de la plaga no se logra oportunamente; siendo una razón común la demora natural de la respuesta numérica de los parasitoides y predadores al incremento de la plaga. Entonces es necesario aumentar la población de los enemigos biológicos mediante liberaciones masivas de individuos que, generalmente, han sido criados en insectarios. Para lograr lo anterior, Moreno (2008) resalta la importancia de la conservación de los enemigos naturales con la finalidad de incrementar la actividad reguladora de las especies más eficientes o de lograr mayores tasas de regulación como resultado de la acción conjunta de diferentes especies.

2.1.5. Control Químico

Los compuestos químicos que se utilizan en la protección de los cultivos reciben el nombre genérico de pesticidas o plaguicidas. Estos compuestos, según su efectividad particular contra insectos, ácaros, ratas, caracoles, o nematodos, reciben los nombres específicos de insecticidas, acaricidas, raticidas o rodenticidas, caracolicidas o molusquicidas y nematicidas, respectivamente; el éxito del control químico, o por lo menos de una aplicación de insecticidas en el combate de las plagas, depende del buen criterio que se tenga para decidir qué producto usar, en qué forma aplicarlo y en qué momento u oportunidad aplicar; para poder tener una aplicación exitosa es necesario saber la etapa del insecto plaga, el mecanismo de acción del producto y el implemento adecuado para su aplicación; así como tomar en cuenta las prácticas culturales, las condiciones climáticas, las condiciones económicas del cultivo y del agricultor, además de las características culturales y sociales del medio (Cisneros, 1995).

La clasificación según la estructura química de los ingredientes activos derivados de una síntesis química (Anexo 1) toma en cuenta una gran variedad de grupos o familias de compuestos; siendo una de las principales ventajas de esta forma de clasificar es que permite identificar sustancias que suelen tener similares efectos en las plagas y el ambiente (Bedmar, 2011).

2.1.6. Control Etológico

Los semioquímicos (del griego semeon, una señal) son productos químicos que sirven de intermediarios en las interacciones entre organismos y están subdivididos en aleloquímicos y feromonas, los aleloquímicos son productos químicos significativos para individuos de una especie diferente de la especie que los origina; tanto en los aleloquímicos como de las feromonas algunas veces es útil referirse a los productos químicos como interruptores, atractivos, repelentes, disuasivos, estimulantes u otros términos descriptivos. (Gaitan y Del Rio, 2014).

- **Uso de feromonas**

Las feromonas (del griego phereum, llevar; horman, excitar o estimular) son liberadas por un individuo de una especie para causar una interacción específica en otro de su misma especie; son sustancias químicas por medio de las cuales se puede manipular el comportamiento de los insectos, sirven para identificar los miembros de una misma colonia o población, controlar el vuelo, indicar el camino a la fuente alimenticia y lo más importante, atraer al sexo opuesto de la misma especie con fines reproductivos (Jiménez, 2009)

Generalmente las feromonas resultan muy específicas de cada especie y son efectivas en cantidades muy pequeñas, el uso más frecuente es para inhibir determinadas reacciones de las plagas como por ejemplo, la respuesta de apareamiento ante una feromona sexual (Martínez, 2010).

- **Trampas contra insectos**

Las trampas son dispositivos que atraen a los insectos para capturarlos o destruirlos, aunque comúnmente se utilizan para detectar la presencia de los insectos o para determinar su ocurrencia estacional y su abundancia con miras a orientar otras formas de control; el uso de trampas tiene las ventajas de no tener residualidad, mantiene un uso constante, no se ven afectadas por las labores de cultivo y, en muchos casos, de tener un bajo costo. existe una limitación en el uso de las trampas y es que no se conocen agentes atractivos para muchas plagas importantes, también es una limitación el hecho de actuar solamente contra el estadio

adulto y no contra las larvas que son las formas en que muchos insectos causan los daños (Cisneros, 1995).

Las trampas de control tienen por finalidad bajar la población de la plaga en el campo y disminuir sus daños, para tal fin se busca matar a los insectos a través de insecticidas de cierta volatilidad como el diclorvos, naled o fentión, colocados en el recipiente de la trampa; también se puede colocar algún otro sistema como superficies con sustancias pegajosas, salidas restringidas, recipientes con gases insecticidas, barreras de vuelo, parrillas electrificadas o superficies con insecticidas de contacto (Barrera et al., 2006).

2.1.7. Control Genético

Las plantas expresan su resistencia genética de diferentes maneras, unas en forma más estables, presentando estructuras anatómicas, morfológicas y químicas, preformadas que impiden a los microorganismos y artrópodos establecerse en la planta, además disponen de la acción de genes complementarios y de genes menores que impiden el establecimiento y el avance de las plagas; la menor estabilidad de defensa se manifiesta con la presencia de fitoalexinas y otras sustancias que le permiten a la célula evitar el daño que causa el microorganismo o el artrópodo; lo cual es generalmente inducida por agentes biológicos, físicos o químicos y su efecto puede ser de corta duración (Rojas, 2001).

- **Técnica de insectos estériles**

La técnica de insectos estériles es uno de los métodos de control más respetuosos con el medio ambiente, pero requiere de una crianza en grandes volúmenes de insectos machos esterilizados mediante radiación en dosis bajas; en la mayoría de los casos la técnica está orientada a la esterilización de los machos, aunque en el proceso mismo de la esterilización el efecto se produce en ambos sexos, algunos casos de éxito se dieron en especies como la mosca mediterránea de la fruta, la mosca mexicana de la fruta, la mosca tsetsé y el gusano barrenador del ganado. Esta técnica fue desarrollada en los Estados Unidos y ha dado buenos resultados por más de 60 años, considerando cuatro estrategias fundamentales en el manejo de insectos

plaga: supresión, erradicación, contención y la prevención, (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2020).

- **Esterilización por irradiación**

La utilización de los rayos gamma resulta más fácil y económica gracias al desarrollo de los radio-isótopos artificiales, que producen un mayor volumen de radiación; siendo los isótopos más comúnmente usados como fuentes de rayos gamma, el Cobalto-60 con una vida media de 5.3 años y el Cesio-137 con una vida media de 30 años. En general los insectos holometábolos son irradiados en forma de pupas aprovechando que en este estado los insectos son fácilmente manipulables y tolerantes a las radiaciones; la tolerancia se incrementa con la edad de la pupa lo que permite provocar la esterilización del insecto sin que se afecten apreciablemente otras condiciones del adulto, cuando se irradian huevos, larvas o pupas muy jóvenes se producen altas mortalidades en esos mismos estados, entonces la esterilidad de los machos puede ser debida a: aspermia (falta de esperma), mutaciones letales dominantes en el esperma y la inactividad del esperma (Cisneros, 1995).

2.1.8. Control Legal

El control legal consiste en las disposiciones obligatorias que da el gobierno con el objeto de impedir el ingreso al país de plagas o enfermedades, impedir o retardar su propagación o dispersión dentro del país, dificultar su proliferación, determinar su erradicación y limitar su desarrollo mediante la reglamentación de cultivos. En Mexico los controles legales parten desde la Ley Federal de Sanidad Vegetal, publicada el 5 de Enero de 1994 en el Diario Oficial de la Federación, con su última modificación el 26 de Diciembre de 2017; en dicha ley se establecen definiciones, procesos y normatividades que se tiene que llevar acabo para un correcto manejo de los problemas fitosanitarios en el agro mexicano; también se incluyen aquellas disposiciones que regulan la comercialización y el uso de los pesticidas y, en general, son medidas que deben ser observadas por todas las personas del país (Ley Federal de Sanidad Vegetal,2017).

De acuerdo a la definición de control legal, los activos químicos son aquellos productos que tienen como finalidad la erradicación, prevención, supresión o control de agentes que provoquen problemas fitosanitarios; por tal razón, para llevar a cabo la liberación de un plaguicida en forma comercial, dentro del control legal existen Normas Oficiales Mexicanas que obligan aquellos formuladores químicos que deseen registrar ingredientes activos que combatan plagas en cualquier cultivo dentro de la república mexicana, entre estas normas se encuentra la NOM-032-FITO-2014 Requisitos y Especificaciones Fitosanitarios para la Realización de Estudios de Efectividad Biológica de Plaguicidas Agrícolas y su Dictamen Técnico, que fundamenta los estudios de efectividad biológica bajo la premisa de que un Estudio de Efectividad Biológica de plaguicidas agrícolas, es una prueba que se realiza a un producto en un cultivo específico o representativo en diferentes dosis y es comparado con otro del mismo espectro, mecanismo y/o modo de acción.

Los Estudios de Efectividad Biológica normalmente son llevados a cabo por los laboratorios aprobados por el SENASICA y la EMA A.C. y están regulados bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-032-FITO-2014.

2.1.9. Manejo Integrado de Plagas

El manejo integrado de plagas permite a los agricultores tener una mejor vigilancia y control de los insectos plaga, el objetivo principal es reducir al mínimo el uso de insecticidas de origen químico, al minimizar el riesgo de intoxicación humana, animal, edáfica y climática; a principios de la década de 1980, en Indonesia se introdujo esta estrategia de control para reducir el porcentaje de intoxicación al que estaban expuestos los agricultores, que se estima llegaba a 21% en sus actividades agrícolas, un 84% de la población que tenía acceso a ingredientes químicos, los almacenaba en su hogar en condiciones carentes de seguridad que estos requieren (FAO, 1998).

A su vez México en 1981 declaró a través de la Dirección General de Sanidad Vegetal tendría un Plan Nacional Fitosanitario para el control ecológico de plagas y del cual se desprendió el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, sentando las bases para el MIP en las plagas más importantes del país (Romero, 2004). Para llevar a cabo el MIP se deben de tener ciertas

consideraciones como el conocimiento del ecosistema, así como la fenología del cultivo, la incidencia de plagas y la presencia de enemigos naturales, además del comportamiento de la plaga y se debe prevenir las acciones que puedan ocasionar un desequilibrio ecológico, llevar umbrales de daño económico, usar ingredientes químicos solo cuando sea necesario y usar métodos múltiples de supresión, control, prevención o erradicación (Badii et al., 2007).

El conjunto de estrategias que comprenden al manejo integrado de plagas considera los controles físicos, biológicos, etológicos, genéticos, mecánicos y como último recurso el control químico, pues se busca mantener un equilibrio agroecológico, económico y cultural en cada una de las regiones donde se opte por aplicar un manejo integrado de plagas (Zepeda, 2018).

2.2. Bioinsectidas

La Organización Internacional para el Control Biológico e Integrado de animales y plantas dañinas (OILB,1955) define el control biológico como “utilizar organismos vivos o de sus derivados, para evitar o reducir las pérdidas y daños causados por organismos nocivos”. En el caso de control biológico de plagas se incluyen el uso de predadores, parasitoides y patógenos reduciendo efectivamente las poblaciones de plagas, además de que es compatible con otros métodos de control (Tamez, 2001).

En nuestro país la estrategia de manejo para el control de plagas se basa principalmente en la aplicación de plaguicidas de síntesis química, en este caso, cuando el manejo sanitario no se realiza de manera lo suficientemente razonada y los criterios para las decisiones de aplicación no son los más adecuados, como por ejemplo la oportunidad de las aplicaciones, la elección inadecuada de los productos y la alta frecuencia en las aplicaciones químicas en los cultivos, se pueden observar una serie de problemas entre los cuales destaca el aumento de residuos tóxicos en los alimentos, generando mayores riesgos para la salud del consumidor, del productor y del trabajador rural, el impacto ambiental al provocar acumulación de residuos de plaguicidas en el suelo, pérdida de biodiversidad y estabilidad de los ecosistemas, así como riesgos de surgimiento de resistencia de las plagas y de disminución de los enemigos naturales (Zepeda, 2018).

Los insecticidas botánicos o también denominados bioplaguicidas son un auxiliar en el control de plagas agrícolas que no causan daño al ambiente y por lo tanto no empeoran la contaminación ambiental que fue causada por la residualidad de los ingredientes de síntesis química inorgánica; siendo su naturaleza biológica promueven el desarrollo de la agricultura sustentable, estimulando la modernización de los sistemas de producción agrícola con la finalidad de disminuir el consumo de activos químicos y así generar ambientes libres de contaminación (Nava-Pérez, *et al.*, 2012).

Los bioplaguicidas se dividen en general en dos grandes grupos: el primero son agentes o plaguicidas microbianos, que incluyen las bacterias, hongos, virus y protozoos, y el segundo considera agentes o plaguicidas bioquímicos, que comprenden los atrayentes, hormonas, reguladores del crecimiento de plantas e insectos, enzimas y sustancias de señalización química también llamadas semioquímicos, muy importantes en la relación planta- insecto (Alfonso, 2002).

- **Plaguicidas botánicos**

Los plaguicidas botánicos son derivados de algunas partes o ingredientes activos de las plantas; en los últimos años, la aplicación de productos de plantas medicinales ha llamado mucho la atención como alternativas efectivas a los activos químicos, estos extractos vegetales son muy eficaces, menos costosos, biodegradables y más seguros que sus similares químicos, los cuales tienen una alta residualidad en el ambiente y mayormente son tóxicos para los organismos benéficos, incluidos los seres humanos a quienes pueden causar muchas de las enfermedades no identificadas después de una exposición a los ingredientes activos de mayor toxicidad. Algunos organismos internacionales como la Comunidad Económica Europea, la Agencia para la Protección del Ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica (EPA) y la FAO (2015), indican que las diferencias fundamentales con los plaguicidas químicos convencionales consisten en su modo de acción, que no es por la vía de toxicidad directa, sino la pequeña concentración en el material vegetal y su especificidad para la especie a combatir. Existen muchas estructuras diferentes de metabolitos secundarios, que superan a las de los primarios (FAO, 2015).

Entre los metabolitos secundarios más comunes utilizados para el control de insectos plaga se encuentran:

- **Terpenos**

Son los principales componentes de los aceites esenciales, provocan repelencia, inapetencia y evitan la oviposición. Dentro de los reportes que se encuentran del uso de estos agentes, se encuentra lo señalado por Flores (2005) quién probó la eficacia de diferentes concentraciones de terpenos contra *Aedes aegypti* vector del dengue, zika entre otras enfermedades; encontrando que siete terpenos: eucaliptol, limoneno, pulegona, β -cariofileno, γ -terpineno, citronelal y linalool resultaron activos; sin embargo, solo se detectaron diferencias significativas para pulegona, citronelal, linalool y eucaliptol, en ese orden de toxicidad. Los primeros dos presentaron los menores valores de DL50 (0.02 y 0.03 mg·L⁻¹ respectivamente). La dosis subletal de PBO utilizada fue 19.43 mg·L⁻¹ resultando sinergismo significativo solo para una dosis de eucaliptol (IC=0.9); recomendando explorar el uso de pulegona como terpeno base para insecticidas naturales contra *A. Aegypti*.

- **Fenoles**

Los fenoles son una materia prima importante para la síntesis de muchos productos químicos industriales, puede hallarse en la naturaleza formando parte de polímeros de lignina como del AE de tabaco (*Nicotiana tabacum*) y de agujas de pino (*Pinus sylvestris*); así como producto de excreción en orina de mamíferos (Rappoport, 2003).

Rodriguez (2017) reporta que los compuestos Anetol, Estragol, Eugenol y Timol presentaron la mejor actividad insecticida por contacto; sin embargo, ninguno presentó una toxicidad comparable a los insecticidas de uso comercial. Señala que la capacidad insecticida parece estar gobernada por la capacidad del compuesto de alcanzar los sitios de acción, determinada por el valor de su pKa y su capacidad de inhibir la enzima AChE, a manera de ejercer un efecto neurotóxico contra *Sitophilus zeamais*.

- **Alcaloides**

En la actualidad se conocen más de 7000 alcaloides, los alcaloides se encuentran principalmente en las angiospermas (plantas que tienen sus semillas recubiertas por un epicarpio), sobre todo en ciertas familias como: Apocynaceae, Annonaceae, Loganiaceae, Magnoliaceae, Menispermaceae, Papaveraceae, Renunculaceae, Rutaceae, Rubiaceae, Solanaceae, Fumariaceae y Lauraceae (Arango, 2008).

- **Flavonoides**

Son compuestos que proporcionan color a las plantas y flores, como la rotenona; actuando como inhibidores enzimáticos y tienen actividad repelente (Nava-Pérez, *et al.*, 2012). Sosa (2000) reportó que entre los flavonoides que afectan el desarrollo y crecimiento de larvas se encuentran quercetina, rutina, naringenina, rnaicina, eriodictiol y catequina; encontrando que solo la catequina tiene una bioactividad significativa sobre el peso de *Tenebrio molitor*, gracias a su efecto sobre la enzima glutathion-S-transferasa en larvas.

- **Micoinsecticidas**

Los micoinsecticidas son productos formulados con hongos entomopatógenos y constituyen una pequeña parte de los biopesticidas; sin embargo, el incremento en el costo de producción de los plaguicidas químicos, la resistencia desarrollada por las plagas y la presión que existe por reducir la contaminación en el ambiente, han asegurado el creciente interés en estrategias alternativas para el manejo de plagas, incluyendo a los hongos entomopatógenos, de los que actualmente existen más de 700 especies en 100 géneros en el mundo, pero pocos son estudiados intensivamente. Este tipo de microorganismos se encuentran asociados con insectos que viven en diversas condiciones, como el agua, suelo y partes aéreas y por su forma característica de infección son los microorganismos más importantes que infectan insectos chupadores como áfidos, mosquita blanca, escamas, chicharritas y chinches (Nava-Pérez, *et al.*, 2012).

2.3. Importancia Económica de Brassicas

La superficie total de cultivos de Brassicas en México, para el año 2018 fue de 44,359 ha, siendo el de mayor importancia económica el brócoli con 80% de la superficie total; generando una derrama económica de más de 4 mil millones de pesos (Zilli, 2018).

Entre los Estados más importantes en donde se cultivan estas especies destacan Guanajuato, Puebla, Michoacán, Sonora y Jalisco; siendo el brócoli una de las especies más prometedoras de las zonas hortícolas del país, pues año tras año la superficie sembrada se está incrementando, debido a su alta demanda en el mercado internacional, aunque también tienen importancia otras Brassicas como col y coliflor (SIAP, 2017).

En el año 2018, el estado de Guanajuato tuvo el 52.6% e Hidalgo el 30.2 % del total de superficie cultivada para el cultivo de coliflor, ambos estados ubicados en la zona centro del país (Tabla 1); pero según Altieri y Nicholls (2000) estimaron que se puede tener un daño a los cultivos de entre el 20 y 30% por problemas sanitario y según la FAO (2011) estimó pérdidas de hasta 40% si no se lleva un correcto control de los insectos plaga.

Tabla 1. Estados productores de Coliflor.

| Entidad | Superficie (ha) | Producción (t) | Superficie afectada al 30% | Toneladas perdidas |
|-----------------|----------------------------|-----------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| Aguascalientes | 207 | 6,491.0 | 144.9 | 4543.7 |
| Baja California | 120 | 2,233.0 | 84.0 | 1563.1 |
| Coahuila | 1 | 22.2 | 0.7 | 15.5 |
| Chihuahua | 4.12 | 51.5 | 2.9 | 36.1 |
| CdMx | 3.1 | 70.4 | 2.2 | 49.3 |
| Durango | 2.5 | 100.5 | 1.8 | 70.3 |
| Guanajuato | 1,226 | 29,692.8 | 858.2 | 20785.0 |
| Hidalgo | 704 | 18,626.0 | 492.8 | 13038.2 |
| Jalisco | 62 | 1,412.0 | 43.4 | 988.4 |
| Total | 2329.72 | 58699.39 | 1630.8 | 41089.6 |

Fuente. SIAP, 2020.

La superficie total del cultivo de coliflor deja como derrama económica aproximadamente 265 millones de pesos solo para el año 2018, pero esta derrama no llegaría a esos niveles si no se llevara un control de las limitantes que afectan al rendimiento del cultivo, una de esas limitantes es la incidencia de plagas y enfermedades. El 36% de la producción tiene como destino el mercado de exportación, con una ganancia de 27.5 millones de dólares, siendo sus principales destinos los Estados Unidos, Canadá y Japón (SIAP, 2017). Si el cultivo de coliflor se viera afectado por algún insecto plaga y no se atiende, la pérdida económica ascendería a poco más de 75 millones de pesos.

En lo que respecta al cultivo de la col, Puebla tiene el 27.57%, Chiapas el 13.95% y Guanajuato el 9.51% de la superficie total cultivada (Tabla 2), siendo así los tres principales productores en México (SIAP, 2020). El cultivo de col a nivel nacional tuvo una derrama económica de un poco más de 675 millones de pesos, por ello al determinar una pérdida del 30% derivadas de la incidencia de plagas, se tendría un aproximado de 202 millones de pesos, monto considerable absorbida por los productores.

Tabla 2. Estados productores de Col.

| Entidad | Superficie (ha) | Producción (t) | Superficie afectada al 30% | Toneladas perdidas |
|---------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| Aguascalientes | 226 | 9,975.6 | 158.1 | 6982.9 |
| Baja California | 162 | 4,654.6 | 113.1 | 3258.2 |
| Baja California Sur | 186 | 4,371.5 | 130.5 | 3060.1 |
| Chiapas | 864 | 20,775.8 | 604.5 | 14543.1 |
| Chihuahua | 28 | 607.4 | 19.4 | 425.2 |
| CdMx | 2 | 19.3 | 1.3 | 13.5 |
| Durango | 70 | 2,898.1 | 48.7 | 2028.7 |
| Guanajuato | 589 | 13,906.3 | 412.3 | 9734.4 |

Continuación **Tabla 2.** Estados productores de col

| Entidad | Superficie (ha) | Producción (t) | Superficie afectada al 30% | Toneladas perdidas |
|-----------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| Nuevo León | 460 | 20,952.5 | 322.0 | 14666.8 |
| Oaxaca | 17 | 338.9 | 12.0 | 237.2 |
| Puebla | 1707 | 73,048.8 | 1194.9 | 51134.1 |
| San Luis Potosí | 151 | 5,080.7 | 105.7 | 3556.5 |
| Sinaloa | 88 | 1,986.0 | 61.6 | 1390.2 |
| Sonora | 223 | 7,463.0 | 156.3 | 5224.1 |
| Tlaxcala | 65 | 1,491.5 | 45.5 | 1044.1 |
| Veracruz | 16 | 192.0 | 11.2 | 134.4 |
| Guerrero | 10 | 168.1 | 6.8 | 117.6 |
| Hidalgo | 183 | 4,285.4 | 128.1 | 2999.8 |
| Jalisco | 196 | 6,721.3 | 137.2 | 4704.9 |
| México | 154 | 5,367.8 | 108.1 | 3757.5 |
| Michoacán | 524 | 17,797.9 | 366.9 | 12458.5 |
| Morelos | 3 | 33.0 | 2.1 | 23.1 |

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2020.

El brócoli debido a su impacto económico y rentabilidad por las divisas que genera, dentro de las Brassicas es la especie con mayor extensión de cultivo y la que requiere mayor atención para satisfacer las demandas de inocuidad por parte de los mercados de exportación y sus certificaciones que deben acatar (SIAP, 2017). El incremento del consumo per capita de brócoli en Estados Unidos, ha permitido la introducción de México como principal exportador de este producto. Actualmente en nuestro país se siembran aproximadamente 35 mil hectáreas, 68.5% en Guanajuato, 7.7% en Puebla, 6.2% en Michoacán, siendo estos los estados de mayor superficie cultivada (Tabla 3).

Tabla 3. Estados productores de Brócoli

| Entidad | Superficie (ha) | Producción (t) | Superficie afectada | Toneladas |
|---------------------|-----------------|----------------|---------------------|-----------|
| | | | al 30 % | perdidas |
| Aguascalientes | 648.0 | 11,380.9 | 453.6 | 7966.6 |
| Baja California | 684.5 | 10,898.7 | 479.15 | 7629.1 |
| Baja California Sur | 2.3 | 34.2 | 1.575 | 23.9 |
| Coahuila | 3.0 | 82.5 | 2.1 | 57.8 |
| Chihuahua | 10.7 | 117.1 | 7.518 | 81.9 |
| CdMx | 285.4 | 2,839.2 | 199.78 | 1987.5 |
| Durango | 3.5 | 68.0 | 2.45 | 47.6 |
| Guanajuato | 24551.6 | 420,769.5 | 17186.127 | 294538.7 |
| Hidalgo | 35.0 | 586.5 | 24.5 | 410.6 |
| Jalisco | 987.0 | 20,106.7 | 690.9 | 14074.7 |
| CdMx | 285.4 | 2,839.2 | 199.78 | 1987.5 |
| Durango | 3.5 | 68.0 | 2.45 | 47.6 |
| Guanajuato | 24551.6 | 420,769.5 | 17186.127 | 294538.7 |

Fuente: Elaboración propia. con datos del SIAP, 2020

En México el consumo per cápita asciende a 1.1 kg y participa con un 3.3% en la producción de hortalizas. La producción mensual nacional está disponible todo el año, aunque en los meses de marzo (15.2%) y abril (15.3%) se obtiene el mayor volumen. Se exportan 7 de cada 10 toneladas que se producen en el territorio nacional, flujo que genera un valor comercial de 390 millones de dólares. El principal destino del brócoli es Estados Unidos; sin embargo, Canadá y Japón son esenciales para el comercio internacional (SIAP, 2017). En 2018 el rendimiento nacional fue de 3 mil 800 millones de pesos y una superficie cultivada de 35,838.42 ha (SIAP, 2020). Sin embargo, sin un correcto manejo de plagas la superficie cultivada hubiera perdido 10,751 ha y tendría un déficit de más de mil millones de pesos.

Como se puede observar en las tablas, la mayoría de los estados productores de Brassicas se encuentran en la zona centro del país y es ahí donde existen las condiciones propicias para el

crecimiento y desarrollo de depredadores con un fuerte impacto económico. Algunos de los insectos plaga de mayor importancia en cultivos de Brassicas, corresponden al orden Lepidóptera., los cuales ocasionan fuertes daños durante el estado larval, pues se alimentan del área foliar, dejando solo las nervaduras de las hojas, dando como resultado crecimientos raquíticos, deformaciones en el tallo floral del brocoli y coliflor e imperfecciones en las hojas.

2.4. Antecedentes de Benzoato de Emamectina y Dimetoato

La necesidad de encontrar activos que permitan llevar un control más efectivo en la lucha contra insectos plaga y que a su vez sean ingredientes no prohibidos en los procesos de certificación para la comercialización de productos dirigidos a mercados de exportación, han traído como resultado utilizar formulas derivadas de la síntesis orgánica de hongos o bacterias como es el caso del Benzoato de Emamectin, que tiene resultados prometedores controlando principalmente lepidópteros en su estadio larval por su acción traslaminar; sin embargo, existe otro sector del ramo agrícola que tiene como preferencia el uso de activos ya probados y de gran demanda que ofrecen una gama más amplia de efecto de control, sin tener en consideración los efectos colaterales al sistema de producción como es el caso del Dimetoato que tiene un mecanismo de acción por contacto y sistémico que ofrece un intervalo de seguridad de mayor amplitud.

2.4.1. Benzoato de Emamectina

En el cultivo de Brassicas existen pocos antecedentes del uso comercial del Benzoato de Emamectina, sin embargo, se encuentran algunas investigaciones, como la realizada por Elizondo *et al.* (2005) quienes evaluaron la efectividad de este ingrediente activo en el cultivo de tomate bajo invernadero, para el control del minador gigante de la hoja (*Keiferia lycopersicella* Walsingham); encontrando una efectividad en un rango de 93 al 100%, en concentración de 0.19 mg·L⁻¹. Además compararon el efecto de la aplicación de abamectina 1.8 y el dimetoato 40 + abamectina 1.8, encontrando que el promedio de efectividad de la abamectina 1.8 fue de 61.2%, del Dimetoato+Abamectina 96.5%. Concluyen que el Benzoato de Emamectina comparado con abamectina es más activo y tiene un efecto superior, además de poseer un rango de acción más amplio, que incluye varias especies de lepidópteros, trips y

minadores y no solo insectos del género *Spodoptera*, como ocurre generalmente con abamectina.

Por su parte, Barrera *et al.* (2006) estudió la susceptibilidad de *Plutella xylostella* L. a diferentes ingredientes activos, entre ellos el Benzoato de Emamectina, Indoxacarb, Fipronil y Spinosad, en tres poblaciones plaga. Los resultados obtenidos destacan que la proporción de resistencia de Benzoato de Emamectina, Indoxacarb, Fipronil fue menor de 2.0 a CL₅₀, lo que sugiere que las poblaciones de *P. xylostella* L. son susceptibles; caso contrario sucedió con Spinosad con una proporción de resistencia de 12, lo que indica que el ingrediente activo genera resistencia y consideran necesario encontrar estrategias que permitan el uso eficiente del activo sin provocar problemas de control.

En 2015, Aguirre *et al.* establecieron un experimento contra poblaciones plaga de *Spodoptera frugiperda* Walker, en el que utilizaron organismos genéticamente modificados (OGM) y Benzoato de Emamectina como insecticida. Encontrando que el organismo genéticamente modificado tiene un adecuado control cuando las poblaciones plagas son bajas; sin embargo, cuando son poblacionales altamente dinámicas el OGM no es eficiente, siendo necesario la aplicación de insecticidas. En este aspecto encontró diferencias significativas en el daño foliar entre los tratamientos con OGM y Benzoato de Emamectina de 2.3 a 3.3 y sus testigos regionales de 7 a 9 al comparar los daños en el cultivo de maíz en la zona norte de México.

2.4.2. Dimetoato

El Dimetoato es uno de los ingredientes activos de síntesis química más utilizados en el campo mexicano, también es uno de los compuestos que más problemas de resistencia ocasiona, pero a su vez de los que mayor efectividad biológica genera (De Liñan, 2003).

Un ejemplo de la efectividad del Dimetoato fue reportada por Valle-De la paz *et al.* (2003) en el cultivo del aguacate en el municipio de San Juan Parangaricutiro, Michoacán; el objetivo de ese trabajo fue evaluar la efectividad biológica de *Bauveria bassiana*, *Verticillium lecanii*, *Saccharopolyspora spinosa*, Avermectina, Citrolina y el aceite parafínico de petróleo para el control de trips que afectan al cultivo, comparado con un testigo regional utilizando el insecticida Dimetoato, que es un producto no amigable con el ambiente. Aplicando la fórmula

de Abbott se encontró que el dimetoato tuvo un 91% de efectividad biológica, siendo el más alto de todos los tratamientos anteriores.

Otra determinación de efectividad biológica se realizó en el Valle del Yaqui, Sonora, por Pacheco (2011) con la finalidad de determinar que ingrediente activo posee un mayor efecto controlador contra ninfas de *Diaphorina citri*, vector que ocasiona la enfermedad conocida como Huanglongbing; el análisis de los datos de mortalidad muestra que las poblaciones de *Diaphorina* fueron tratadas con: clorpirifós, dimetoato, clotianidin, dinotefurán, thiametoxan, endosulfán, imidacloprid, lambdacialotrina, zetacipermetrina y lambdacialotrina, registraron mortalidades superiores al 85%. Por otra parte, las poblaciones tratadas con: pymetrozine (pyridine azomethines) y spirotetramat (regulador decrecimiento de la síntesis de lípidos) a las dosis evaluadas no presentaron efecto por contacto o efecto fumigante sobre la población; sin embargo, solo el clorpirifos y el dimetoato tuvieron una efectividad del 100%.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del experimento

El estudio se realizó en la parcela 14 del campo de producción de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, ubicada sobre la carretera Cuautitlán-Teoloyucan Km. 2.5, San Sebastián Xhala Cuautitlán Izcalli, Estado de México. La superficie sembrada fue de 882 m², donde se implantó un policultivo de Brassicas que consideraron los cultivos de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*); coliflor (*B. oleracea* var. *botrytis*) y col (*B. oleracea* var. *capitata*).

La zona presenta un clima templado subhúmedo con lluvias en verano con un promedio de temperaturas de 14 a 16°C, un rango de precipitación de 600 a 700 mm anuales y presenta principalmente suelos vertisoles (Rodríguez,2014).

3.2. Diseño experimental

Se estableció un diseño experimental en bloques completos al azar, con 5 tratamientos y 4 repeticiones; siendo los tratamientos dos concentraciones de Benzoato de Emamectina (250 mL · ha⁻¹ y 500 mL · ha⁻¹); 2 concentraciones de Dimetoato, (500 mL · ha⁻¹ y 1000 mL · ha⁻¹) y un tratamiento Testigo sin aplicar (Tabla 4).

Tabla 4. Tratamientos para evaluar la Efectividad biológica de Benzoato de Emamectina para el control de insectos plaga en cultivos de Brassicas.

| TRATAMIENTO | INGREDIENTE ACTIVO | CONCENTRACIÓN mL · ha ⁻¹ y |
|-------------|------------------------|--|
| BdE 250 | Benzoato de Emamectina | 250 |
| BdE 500 | | 500 |
| Dto 500 | Dimetoato | 500 |
| Dto 1000 | | 1000 |
| Testigo | Ninguno | ---- |

Los resultados de los muestreos realizados durante las aplicaciones de los tratamientos, fueron procesados a través de Minitab 2019, llevando a cabo un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey al 95%, para determinar las diferencias entre tratamientos.

Con base en la NOM-032-FITO-2014, se llevaron a cabo análisis de efectividad aplicando la fórmula de Abbott (1925), bajo esta no se toma en cuenta para la prueba de tukey al 95% al testigo el cual se considera dentro del desarrollo de la formula.

Para determinar el inicio de aplicaciones se tomó en cuenta el número de días transcurridos desde el trasplante (35 días), en la etapa de crecimineto vegetativo debido a la necesidad de tener un abundante follaje para poder realizar el monitoreo, así como la presencia de adultos en el cultivo y poder llevar a cabo un adecuado monitoreo de huevecillos en planta. La siguiente aplicación fue de acuerdo con el intervalo de seguridad del producto, siendo el día 11 de septiembre el primer control; posteriormente se realizaron tres aplicaciones más con un lapso de 16 días entre ellas, para tener como la última aplicación la del día 25 de Octubre del 2019 (Tabla 5).

Tabla 5. Calendario de Aplicaciones para evaluar la Efectividad biológica de Benzoato de Emamectina para el control de insectos plaga en cultivos de Brassicas.

| No. de Aplicación | Fecha |
|-------------------|-----------|
| 1 | 11-sep-19 |
| 2 | 27-sep-19 |
| 3 | 11-oct-19 |
| 4 | 25-oct-19 |

Para la aplicación de los tratamientos se utilizó una mochila aspersora de 16 L marca Guarany (Figura 2) con una boquilla de cono hueco, con un gasto de 6 L por tratamiento en 38.22 m². Para la aplicación se utilizó equipo de seguridad que consistió en overol, mascarilla y lentes de seguridad y se colocaron barreras de contención para evitar el cruce de ingredientes activos, teniendo en consideración la fuerza de los vientos (Figura 2).



Figura 1. Aplicación de insecticidas (tratamientos) en cultivos de Brassicas, llevando los equipos de seguridad y con barreras de contención.

3.3. Variables a evaluar

Con la finalidad de determinar la efectividad del Benzoato de Emamectina, se consideró como variables a evaluar:

- Número de plantas con presencia de Huevecillos de *Leptophobia aripa* Boisduval; Lepidóptera: Pieridae.
- Número de plantas con Presencia de larvas de *Leptophobia aripa* Boisduval.
- Número de plantas con Presencia de estadios juveniles de *Murgantia histrionica* Hahn; Hemíptera: Pentatomidae.
- Número de plantas con Presencia de adultos de *Murgantia histrionica* Hahn.
- Daño foliar.

La determinación de las especies de insectos-plaga que fueron encontradas en el cultivo y consideradas para su evaluación, se llevó a cabo mediante la identificación de daños causados,

sus hábitos de crecimiento e infografías, con las cuales se hizo una comparación de las características físicas similares entre insectos y huevecillos, determinando su género y especie.

Para llevar a cabo los muestreos, se tomó como referencia lo que establece la NOM-032-FITO Requisitos y especificaciones fitosanitarios para la realización de estudios de efectividad biológica de plaguicidas agrícolas y su Dictamen Técnico; que señala tener como superficie mínima 20 m² y que la plaga se presente de forma natural en el sitio donde se hará la determinación.

Se realizaron ocho muestreos directos planta por planta, donde se examinó el haz y el envés de cada hoja y se llevó a cabo un registro de datos de cada tratamiento por bloque; dentro de ese registro se incluyó el número de plantas infestadas y se tuvo en consideración el estado inmaduro y adulto de los insectos (Figura 3).

Se realizaron ocho muestreos directos planta por planta, donde se examinó el haz y el envés de cada hoja y se llevó a cabo un registro de datos de cada tratamiento por bloque; dentro de ese registro se incluyó el número de plantas infestadas y se tuvo en consideración el estado inmaduro y adulto de los insectos (Figura 3).



Figura 2. Monitoreo de *Murgantia histrionica* Hahn.

Otra variable a evaluar es la incidencia en el daño foliar, que se considera un método de muestreo indirecto de las plagas para lo cual se observa el grado de afectación y se establece un grado de daño conforme a la escala de Stover modificada por Gaul (Tabla 6).

Tabla 6. Grados de daño foliar conforme a la escala de Stover modificada por Gaul (1989).

| Grado | Descripción |
|--------------|---|
| 0 | Sin daños o comeduras |
| 1 | Comeduras aisladas \leq 5% del área foliar |
| 2 | Comeduras que afectan del 5 al 10 % del área foliar |
| 3 | Comeduras que afectan entre el 11 y 25% del área foliar |
| 4 | Comeduras que afectan entre el 26 y 50% del área foliar |
| 5 | Comeduras que afectan más del 50% del área foliar |

Para determinar el grado de afectación de la plaga en la planta, se comparó el índice de daño respecto a aquellas plantas que presentaban un menor o nulo índice de daño y se obtuvo el grado de daño foliar (Figura 4).



Figura 3. Daño foliar grado 5 en tratamiento testigo en la determinación de efectividad biológica de Benzoato de Emamectina en cultivo de Brocoli.

3. 4. Manejo del Cultivo

El cultivo se estableció en el ciclo primavera-verano en condiciones de temporal, se trasplantó el día 6 de agosto del 2019, con una densidad poblacional de cuatro plantas por metro cuadrado, con una distancia entre plantas de 0.30 m con una distancia entre surcos de 0.80 m y un largo de 98 metros; se utilizaron plantas de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*); coliflor (*B. oleracea* var. *botrytis*) y col (*B. oleracea* var. *capitata*).

Se tuvo un manejo hídrico de temporal con seis riegos de auxilio por medio de cintilla, en virtud de la escasa precipitación durante los meses de septiembre y octubre. En cuanto a labores del cultivo, se contempló deshierbe y aporque cada 20 días, iniciando 38 días después del trasplante (ddt). Se fertilizó con urea en tres ocasiones, la primera 7 ddt, la segunda aplicación se dio en el desarrollo vegetativo 42 ddt y la tercera aplicación se realizó en el crecimiento del florete 56 ddt.

3. 5. Ingredientes Activos

Benzoato de Emamectina

Es un insecticida no sistémico, penetrante, derivado de la avermectina, con acción por ingestión y algo por contacto, de larga vida residual; que fue presentado en 1995 por Merck & Co. Inc. (Syngenta) con las marcas Affirm, Banlep, Denim, Proclaim y Strategy. El nombre químico es benzoato de 4''-epi-metilamino-4''-desoxi-avermectina B1 (mezcla de un mínimo del 90% de benzoato de 4''-epi-metilamino-4''-desoxi-avermectina B1a y de un máximo de 10% de benzoato de 4''-epi-metilamino-4''-desoxiavermectinaB1b).

Características Físico-Químicas:

- Grupo químico: derivado de la avermectina.
- Estado físico: polvo cristalino.
- Color: blanco.
- Densidad a 23°C: 1.2.
- Punto de fusión: 141-146°C
- Punto de inflamación: no inflamable.

- Solubilidad a 25°C: agua, 24 mg/l a pH 7. Soluble en acetona y metanol. Insoluble en hexano.

El Benzoato de Emamectina, actúa potenciando la capacidad de los neurotransmisores como el glutamato y el ácido g-aminobutírico, GABA, que estimulan el flujo de iones cloro a las células nerviosas y que a su vez provocan la pérdida de la función celular e interrupción de los impulsos nerviosos. Como consecuencia, poco después de la ingestión del producto, las larvas dejan de alimentarse y se paralizan irreversiblemente en tres o cuatro días alcanza la mortalidad máxima, aunque los efectos se notan lentamente, las plantas sufren apenas daños porque las larvas dejan de actuar tan pronto ingieren el producto; además de su actividad por ingestión también se absorbe y actúa por contacto, no es ovicida pero las larvas que salen de los huevos tratados mueren poco después de la eclosión en cuanto comienzan a alimentarse, no es sistémico pero por su acción translaminar penetra la cutícula de la planta, se acumula en sus tejidos y proporciona una larga actividad residual (De Liñan, 2003)

En cuanto a dosificación, se recomienda la dosis de 7.5 a 25 gramos de i.a. · ha⁻¹ especialmente contra *Anticarsia gemmatilis*, *Argyrotaenia velutinana*, *Chrysodeixis includens*, *Evergestis rimosalis*, *Helicoverpa zea*, *Heliiothis virescens*, *Hellula rogatalis*, *Keiferia lycopersi-cella*, *Manduca quinquematata*, *sextamaculata*, *manduca quinquema*, *Mythimna unipuncta*, *Ostrinia nubilalis*, *Pieris rapae*, *Plutella xylostela*, *Spodoptera eridania*, *Spodoptera exigua*, *Spodoptera frugiperda*, *Trichoplusia ni*, entre otros Lepidópteros; propuesto para aplicar en cultivos de algodón, apio, berenjena, cacahuete, crisantemo, gladiola, lechuga, maíz, pimiento, pino, soja y tomate (Syngenta, 2019).

El Benzoato de Emamectina, se adsorbe fuertemente en el suelo, es prácticamente inmóvil y no se encuentran residuos a profundidad superior a 15 cm, ni se lixivia o acumula. Se biodegrada en el suelo, rápidamente en los primeros 60 días y más lentamente desde los 60 a los 366 días. Se forman muchos productos residuales que se incorporan a los componentes del suelo y se mineralizan a CO², aunque por su inmovilidad no contamina las aguas subterráneas y las derivas por las pulverizaciones pueden alcanzar acuíferos, pero nunca se han detectado residuos superiores a 1 ppm por aplicaciones agrícolas (De Liñan, 2003).

Dimetoato

El Dimetoato es un insecticida Organofosforado sistémico con acción insecticida y acaricida y actividad por ingestión y contacto. Tiene un buen efecto de contacto, una larga persistencia y amplio campo de actividad. Presentado en 1955 y vendido a Wilbur Ellis que siguió su comercialización con la marca Cygon; presentado también por BASF AG que registró la marca Perfekthion, Boehringer Sohn (BASF) y Montecatini S.p.A. (Isagro S.p.A.) que identificaron la marca Rogor (De Liñan, 2003). Su nombre químico es: ditiofosfato de 0,0-dimetilo y de metilcarba- moilmetilo.

Con base a las definiciones de la NOM-032-Fito-2014, se establece como testigo regional al dimetoato por ser el método de control más usual para el área de producción de hortalizas de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, contando con número de registro RACO-INAC-0124-002-009-039 de la COFEPRIS que es la predio donde se lleva a cabo anualmente el cultivo de Brassicas y por tanto se presentan de manera natural las plagas que fueron consideradas para la determinación de efectividad biológica.

Características Físico químicas:

- Grupo químico: ditiofosfatos.
- Estado físico: sólido cristalino.
- Color: incoloro, de blanco a grisáceo.
- Densidad a 20°C: 1.2 g/cm³
- Punto de fusión: 51-52°C; 43-47°C.
- Punto de ebullición: 117°C a 0,1 mm Hg.
- Punto de inflamación: más de 110 ° C; 107°C.
- Tensión de vapor a 25°C: 1,875x10-6 mm Hg (250 µPa).
- Coeficiente de partición (n-octanol / agua): log P0,704.

En cuanto a estabilidad, resulta bastante estable en soluciones neutras y ácidas a temperatura ambiente, teniendo una vida media a 80°C de unas 14 h. En soluciones a pH > 8, la hidrólisis molecular aumenta. Su vida media a pH 9 y 80°C es menor de 30 minutos y a pH 7 es de únicamente 5 minutos. Almacenado a temperaturas no superiores a 20-23 ° C es estable durante un largo período y a temperaturas superiores a 35°C se descompone rápidamente formando el análogo 0, S-dimetilo.

El producto normalmente no es fitotóxico a las dosis recomendadas, pero se han reportado daños en cultivos de crisantemo y lúpulo, así como en algunos cultivos de chabacano, algodón, higuera, ejotes, nogal, olivo, pino, tomate y en algunas variedades de cítricos y de peral. Se recomienda aplicar cuando se observan los primeros individuos de la especie a controlar y repetir dos a tres semanas después o cuando sea necesario; presentando los mejores resultados cuando el cultivo está creciendo con vigor. Mientras que la actividad sistémica se reduce si el cultivo se encuentra bajo los efectos de la sequía o de otras causas adversas y en tiempo caluroso se recomienda aplicar por la mañana temprano o por la tarde a última hora (Gowan, 2019)

Como la mayoría de los productos fosforados, el Dimetoato se descompone rápidamente en el suelo y en las plantas, teniendo una vida media de dos a cuatro días, por lo que se considera moderadamente persistente. En las plantas y en los animales se produce oxidación a tiofosfato, así como hidrólisis a ditiofosfato, tiofosfato y fosfato de 0,0-dimetilo, el grupo éster de desmetil y el grupo metilamino se rompe hidrolíticamente. En estudios en ratas y en el hombre se ha encontrado que se absorbe en el tracto digestivo y se elimina rápidamente a través de la orina en un 90% en 24 horas (INECC, 2019).

IV. Resultados y Discusión

4.1. Análisis de efectividad en larvas de *Leptophobia aripa* Boisduval

Al observar el comportamiento poblacional de *Leptophobia aripa* Boisduval, durante los ocho muestreos realizados, se encontró que existe un efecto en cada aplicación de los tratamientos (muestreos impares vs muestreos pares) aún en las plantas testigo quienes pudieron verse favorecidas por las aplicaciones realizadas en los cultivos aledaños donde si se llevó a cabo aplicación de insecticidas (Figura 5), pero es el único tratamiento donde la planta presentó un incremento de plantas atacadas a partir del quinto muestreo (30 ddt). En comparación del testigo, todas las plantas que fueron tratadas con insecticidas, tuvieron un menor número de plantas afectadas por la larva, siendo las que se aplicó Benzoato de Emamectina las que mejores resultados presentaron, durante todo el ciclo a partir del segundo muestreo, de tal forma se puede considerar que el Benzoato de Emamectina (BdE) si tiene un efecto de control sobre larvas de *Leptophobia aripa* Boisduval, en el cultivo de Brassicas y tiene mejor control que la aplicación de Dimetoato (Dto); lo cual es similar a lo mencionado por Elizondo (2005) quien encontró que hubo mayor mortalidad de las larvas en la variante tratada con benzoato de amamectina CE 0.19 a 0.4 L·ha⁻¹ pc, en comparación con la aplicación de dimetoato + abamectina (1 + 0.5 L·ha⁻¹).

En general, con base a la presencia de plantas dañadas, en la mayoría de los tratamientos se encontró un efecto controlador después de cada aplicación de insecticidas, en comparación con el testigo que alcanzó un promedio de 8.6 plantas con larvas de *Leptophobia aripa* Boisduval); mientras que el Benzoato de Emamectina obtuvo en promedio 2.0 plantas con presencia del insecto y el Dimetoato se presentó en un promedio de 2.7 plantas; sin embargo, no se encontraron diferencia estadística significativa entre el testigo regional (Dto) en sus dos concentraciones y el ingrediente activo evaluado (BdE), en sus dos concentraciones para el control de larvas.

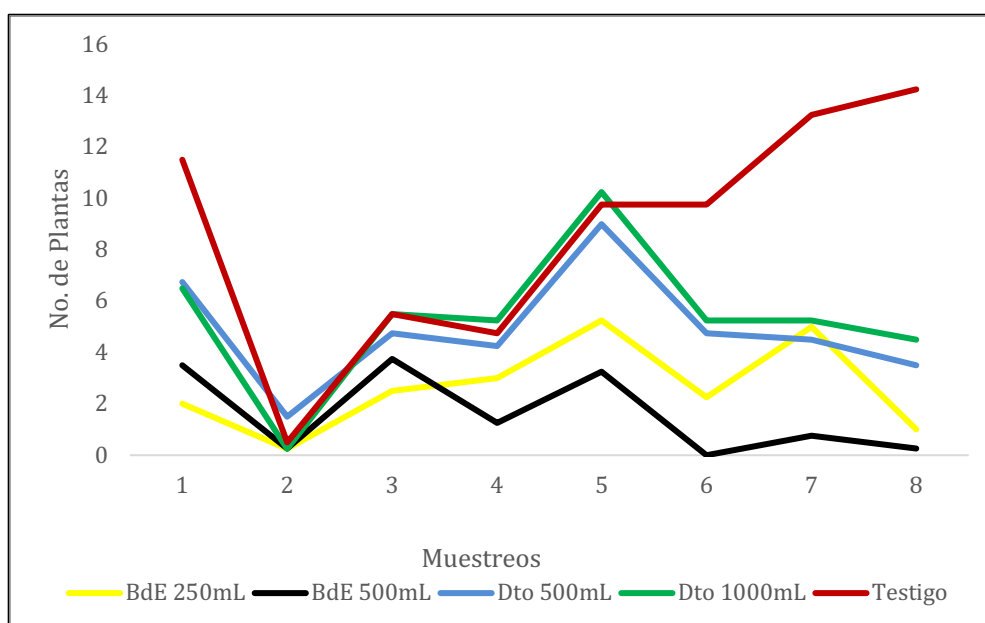


Figura 4. Respuesta a la aplicación de Benzoato de Emamectina y Dimetoato, en cultivo de Brassicas para el control de larvas de *L. aripa*, durante 48 ddt.

El número de plantas atacadas por larvas de *Leptophobia aripa* fue como se esperaba, aumentos de la población en periodos de tres días y su reducción posterior a las aplicaciones, a excepción del testigo que muestra un aumento de plantas con insectos plaga hasta el final del experimento, presentando un aumento de hasta 14.25 plantas infestadas (Figura 6).

Tabla 7. Determinación de efectividad de Benzoato de Emamectina mediante la formula de Abbot en el control de en larvas de *Leptophobia aripa*, en el cultivo de Brassicas.

| Tratamiento | Datos | Media (%) |
|---|-------|-----------|
| Benzoato de Emamectina 500mL*ha ⁻¹ | 4 | 80.5 a* |
| Benzoato de Emamectina 250mL*ha ⁻¹ | 4 | 64.2 a |
| Dimetoato 1000mL*ha ⁻¹ | 4 | 38.5 a |
| Dimetoato 500mL*ha ⁻¹ | 4 | -15.7 a |

*Letras iguales tratamientos estadísticamente similares entre si de acuerdo a la comparación de Tukey con significancia =0.05.

Mientras que en el tratamiento regional y experimental se tuvo control del insecto plaga, existiendo un menor número de plantas dañadas; de tal forma que el ingrediente activo fue efectivo controlador de este lepidóptero y cumple, por lo menos, con la misma efectividad que el testigo regional y por tanto con los parámetros de larvicida.



Figura 5. Plantas de Brassicas del tratamiento testigo afectadas por larvas de *L. aripa*.

4.2. Análisis de efectividad en huevecillos de *Leptophobia aripa* Boisduval

El efecto ovicida de los tratamientos se observa inicialmente entre el primer y segundo muestreo, donde el Dimetoato $1000 \text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$ reduce el número de plantas con huevecillos de 8.5 a 3.75, mientras que el Benzoato de Emamectina $500 \text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$ al inicio del muestreo presentó 2.25 plantas con huevecillo para tener 1.5 plantas con huevecillo posterior a la aplicación; sin embargo, a lo largo de los ocho muestreos, es el Benzoato de Emamectina a razón de $500 \text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$ es el que logra mantener una población por debajo del resto de los tratamientos la mayor parte del tiempo (Figura 7). Con base en el comportamiento del Dimetoato en el control de huevecillos de *L. aripa*, se puede considerar que existe una rápida supresión de huevecillos, pero permite una rápida ovoposición en contraste con los benzoatos, lo que sugiere que estos últimos tienen un mayor tiempo de acción del ingrediente activo.



Figura 6. Número de huevecillos de *Leptophobia aripa* por planta, para determinar la efectividad del Benzoato de Emamectina.

En la tabla 8 encontramos que el Benzoato de Emamectina $500 \text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$ puede ser un mejor ovicida que el Dimetoato $1000 \text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$, sin embargo, tiene la misma efectividad que el Dimetoato $500 \text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$, el Benzoato de Emamectina $250 \text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$ y el testigo, es por eso que se puede decir que el efecto ovicida de los ingredientes activos no es de impacto dentro de los

tratamientos. En la prueba de efectividad mediante la formula de Abbot se encontró que entre los tratamientos no existen diferencias significativas (Tabla 9).

Tabla 8. Comparación de medias de Tukey, para determinación de efectividad de Benzoato de Emamectina, en el control de huevecillos de *Leptophobia aripa* por planta, en el cultivo de Brassicas.

| <i>Tratamiento</i> | Datos | Media |
|---|--------------|--------------|
| Dimetoato 1000mL*ha ⁻¹ | 16 | 3.1875 a* |
| Dimetoato 500mL*ha ⁻¹ | 16 | 3 ab |
| Benzoato de Emamectina 250mL*ha ⁻¹ | 16 | 1.5625 ab |
| Testigo | 16 | 0.5625 ab |
| Benzoato de Emamectina 500mL*ha ⁻¹ | 16 | -0.375 b |

*Letras iguales tratamientos estadísticamente similares entre si de acuerdo a la comparación de Tukey con significancia =0.05.

Tabla 9. Comparación de medias para determinación de efectividad mediante la formula de Abbot en Huevecillos de *Leptophobia aripa*.

| Tratamiento | Datos | Media (%) |
|---|--------------|------------------|
| Dimetoato 500mL*ha ⁻¹ | 4 | -51.9 a |
| Benzoato de Emamectina 500mL*ha ⁻¹ | 4 | -61.4 a |
| Benzoato de Emamectina 250mL*ha ⁻¹ | 4 | -83.2 a |
| Dimetoato 1000mL*ha ⁻¹ | 4 | -136 a |

*Letras iguales tratamientos estadísticamente similares entre si de acuerdo a la comparación de Tukey con significancia =0.05.

Debido a que en la determinación se presentó una mayor cantidad de huevecillos en los tratamientos control que en el tratamiento testigo nos arroja promedios negativos al aplicar formula de Abbot (Tabla 9).

Los huevecillos tienen un aspecto deshidratado (Figura 6) y posteriormente se rompen y pulverizan. Se tiene la hipótesis que el efecto traslaminar es causante principal de que los huevecillos se pulvericen.



Figura 7. *Huevecillos secos de Leptophobia aripa, en la determinación de efectividad de Benzoato de Emamectina en el control de insectos plaga.*

4.3. Análisis de efectividad de adultos *Murgantia histrionica* Hahn

A partir del segundo muestro se puede observar una disminución de la población de *Murgantia histrionica* Hahn, aunque para el siguiente muestreo (18 ddt) se observa un aumento general de insectos por planta sin distinción de tratamiento; sin embargo, después del tercer muestreo se observa un abatimiento total de la población de *Murgantia histrionica* con Dimetoato a dosis de $1000 \text{ mL} \cdot \text{ha}^{-1}$, el cual se mantuvo constante hasta el final del experimento (Figura 9).

La evaluación de la efectividad para esta especie demostró que el Dimetoato en concentración de $1000 \text{ mL} \cdot \text{ha}^{-1}$ fue el mejor controlador por acción de contacto y sistémico al únicamente permitir un promedio de 0.37 adultos por planta. En la última etapa del ciclo biológico disminuyeron los huevecillos y por consiguiente estadios juveniles; generando que después del cuarto muestreo la incidencia es casi cero.

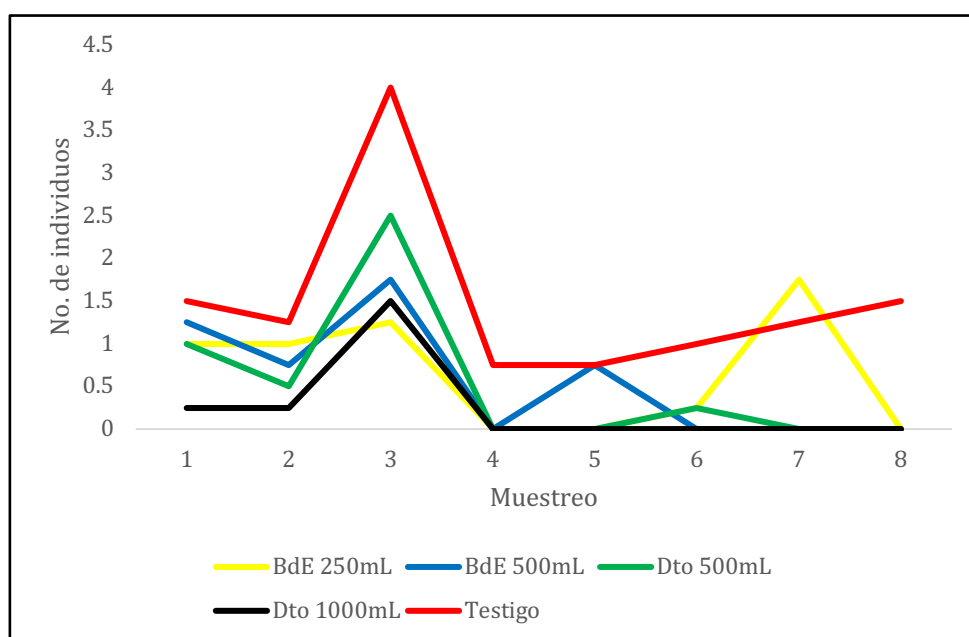


Figura 8. Respuesta a la aplicación de Benzoato de Emamectina y Dimetoato, en cultivo de Brassicas para el control de Adultos de *Murgantia histrionica* durante 48 ddt.

El Benzoato de Emamectina tiene una media de 0.68 insectos por planta para la concentración de 250 mL·ha⁻¹ y 0.75 insectos por planta para la concentración de 500mL·ha⁻¹, poblaciones más alta debido al mecanismo de acción que es por ingestión, siendo necesario que los insectos se alimenten para que tenga efecto el control, aunque De Liñan (2014) mencionó que puede llegar a tener efecto por contacto, pero por los resultados que se presentaron en este trabajo, se puede determinar que solo actuó como un producto sistémico y no de contacto; con lo cual y considerando que la mayoría de los adultos suelen reducir su ingesta de alimento, el Dimetoato tuvo mayor ventaja en el control de adultos por su acción de contacto. Ambos insecticidas tuvieron un efecto de control en comparación con las plantas donde no se aplicó producto, en donde se encontró un promedio máximo de población de cuatro insectos por planta en el testigo, presentando en el último muestreo una población máxima de 1.5 insectos. A pesar de esto, el análisis de medias para la prueba de efectividad con base a la formula Abbot demostró que no hay diferencias significativas entre el testigo regional (Dto) y el ingrediente activo que se evaluó (Tabla 10).

Tabla 10. Comparación de medias para determinación de efectividad mediante la formula de Abbot en *Murgantia histrionica* (Hahn) adultos.

| Tratamiento | Datos | Media (%) |
|---|-------|-----------|
| Dimetoato 1000mL*ha ⁻¹ | 4 | 95.00 A |
| Benzoato de Emamectina 500mL*ha ⁻¹ | 4 | 85.00 A |
| Dimetoato 500mL*ha ⁻¹ | 4 | 83.75 A |
| Benzoato de Emamectina 250mL*ha ⁻¹ | 4 | 73.80 A |

*Letras iguales tratamientos estadísticamente similares entre si de acuerdo a la comparación de Tukey con significancia =0.05.

4.4. Análisis de efectividad de estadios ninfales de *Murgantia histrionica* Hahn

En cuanto a la efectividad de los insecticidas evaluados para el control de *Murgantia histrionica* Hahn, a lo largo de 48 días, el tratamiento testigo muestra un mayor número de individuos plaga siempre por arriba de los demás tratamientos, a excepción del séptimo muestreo, donde la población prácticamente disminuye a cero para posteriormente volver a subir, este condición de ser menor que otros tratamientos puede deberse al daño existente en las plantas testigo, que al no aplicarse ningún control, fueron afectadas fuertemente por diversos insectos plaga, no siendo preferidos por *M. histrionica*, observando que se vuelve incrementar en el octavo muestreo, el cual se realiza posterior a la aplicación de producto en las otras plantas (Figura 10).

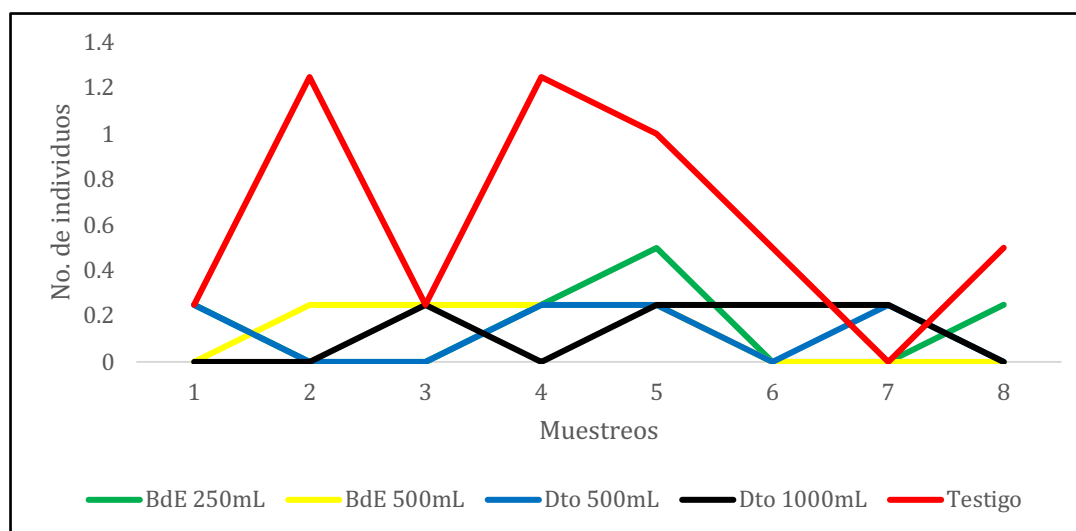


Figura 9. Respuesta a la aplicación de Benzoato de Emamectina y Dimetoato, en cultivo de Brassicas para el control de estadios juveniles de *Murgantia histrionica*, durante 48 ddt.

Al igual que en la población de adultos de *M. histrionica*, se pudo observar un bajo control en las poblaciones de los diferentes instares del insecto, encontrando que la cantidad de individuos por planta del testigo fue de 0.9, mientras que el que mejor control se presentó con Dimetoato en la concentración de $500 \text{ mL} \cdot \text{ha}^{-1}$, donde las plantas mostraron poblaciones con 0.06 insectos promedio, resultados propios de un evento de control y crecimiento de población (Figura 10). Por su parte, las plantas tratadas con Benzoato de Emamectina, no alcanzó la mayor efectividad

debido a que no tiene un efecto de contacto como lo presenta el Dimetoato, de tal forma, la acción sistémica y de contacto permite un mejor control de estos insectos, siendo el mecanismo de acción de la molécula el de mayor efectividad.

Tabla 11. Comparación de medias para determinación de efectividad mediante la formula de Abbot en *Murgantia histrionica* Hahn en estadios ninfales

| Tratamiento | Datos | Media (%) |
|---|-------|-----------|
| Dimetoato 500mL*ha ⁻¹ | 4 | 95.0 a |
| Benzoato de Emamectina 500mL*ha ⁻¹ | 4 | 90.0 a |
| Dimetoato 1000mL*ha ⁻¹ | 4 | 87.5 a |
| Benzoato de Emamectina 250mL*ha ⁻¹ | 4 | 82.5 a |

*Letras iguales tratamientos estadísticamente similares entre si de acuerdo a la comparación de Tukey con significancia =0.05.

Por los resultados obtenidos en número de individuos por planta, se considera que El Benzoato de Emamectina es igual de efectivo que el Dimetoato para el control de Hemípteros, pues los dos ingredientes activos presentan poblaciones promedio por debajo de la media del testigo (Tabla 11). Sin embargo, a pesar de ello, no se encontró diferencia estadística significativa entre el Benzoato de Emamectina y el Dimetoato (Tabla 12).

Tabla 12. Media poblacional de *Murgantia histrionica* Hahn, para determinar la efectividad del Benzoato de Emectina.

| Tratamiento | Media poblacional |
|---|-------------------|
| Benzoato de Emamectina 250mL*ha ⁻¹ | 0.125 |
| Benzoato de Emamectina 500mL*ha ⁻¹ | 0.125 |
| Dimetoato 500mL*ha ⁻¹ | 0.0625 |
| Dimetoato 1000mL*ha ⁻¹ | 0.0625 |
| Testigo | 0.875 |

*Letras iguales tratamientos estadísticamente similares entre si de acuerdo a la comparación de Tukey con significancia =0.05.

4.5. Análisis de Daño Foliar

El daño foliar es un método indirecto instaurado por la NOM-032-SAG/FITO-2014 para medir la efectividad biológica del ingrediente activo a evaluar; para el caso de Benzoato de Emamectina el comportamiento del daño foliar fue constante desde el primer monitoreo hasta el final de la determinación (48 ddt) incluso se puede observar una disminución en la incidencia del daño a partir del quinto muestreo (Figura 11), debido a la persistencia del ingrediente activo y su acción traslaminar, el Benzoato de Emamectina 250 mL•ha⁻¹ presentó la mayor efectividad. Comparando cualquier tratamiento con el testigo, se puede observar que sin tener un método de control se llega a perder toda la lámina foliar, se observa un incremento en el daño foliar desde el segundo monitoreo hasta llegar al 100% de daño en el séptimo monitoreo (42 ddt).

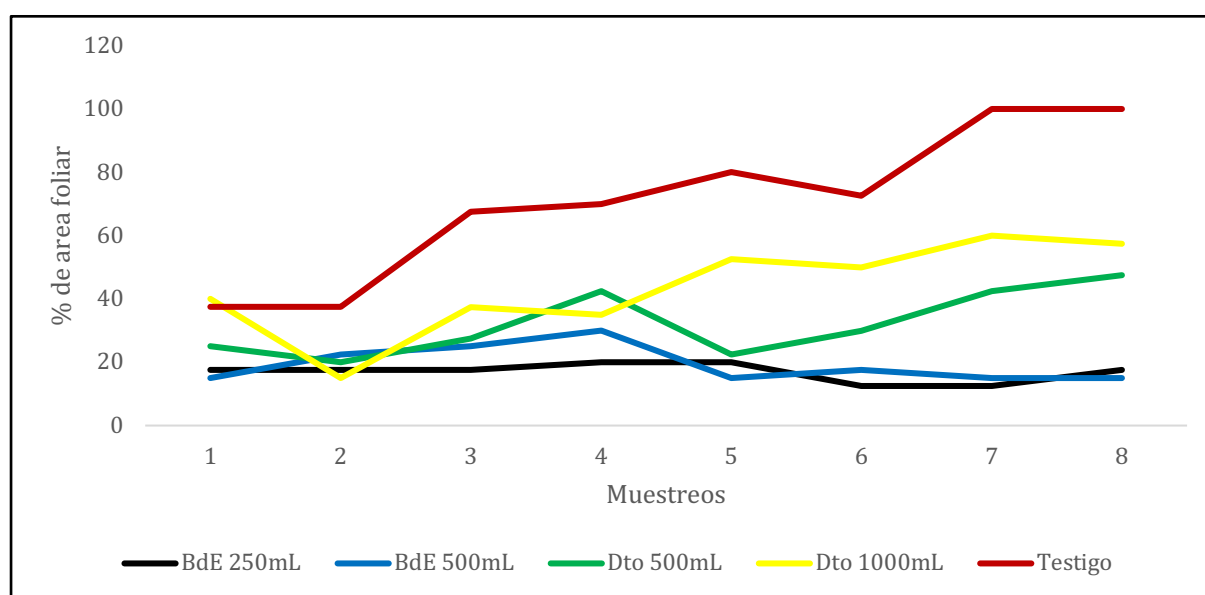


Figura 10. Comportamiento del daño foliar, para la determinación de la efectividad del Benzoato de Emamectina.

El Dimetoato, logra controlar la población plaga, pero no manifiesta la persistencia del Benzoato de Emamectina y repercute en el daño foliar, mostrando solo una disminución de

20% en el segundo monitoreo y un daño máximo de casi 60% que reduce el área fotosintética (Figura 11).

Si bien no se logra la erradicación total de la población plaga se logró mantener el daño foliar constante, no mayor al 25% en el caso del Benzoato de Emamectina, lo que permite un mejor manejo del cultivo, lo que se ve reflejado en la calidad del producto a comercializar.



Figura 11. Comparativa de daño foliar ocasionado por *Leptophobia aripa*, entre los tratamientos de Benzoato de Emamectina (BdE) y Dimetoato (Dto), para el control de insectos plaga en cultivos de Brassicas.

Este resultado es similar a lo señalado por Reyes, (2016) quien realizó un experimento sobre *Spodoptera frugiperda*, en el que se logró la disminución de daño en plantas de maíz, reportando que los insecticidas evaluados (clorpirifos etil, spinoteram, deltametrina, novaluron, zeta-cipermetrina) fueron estadísticamente similares, considerando que la rotación de este tipo de insecticidas organofosforados, piretroides, piretroides, benzoilureas en el manejo de gusano cogollero ayudó a prevenir o retrasar la aparición de resistencia a insecticidas comúnmente usados, manteniendo su eficacia contra este insecto.

A la par de esta actividad la NOM-032-FITO-2014 indica la observación de síntomas de fitotoxicidad del ingrediente activo a evaluar; sin embargo, no se observó ninguno daño, concluyendo así que el Benzoato de Emamectina no tiene efectos fitotóxicos en las concentraciones probadas en el cultivo de Brassicas igual que el Dimetoato, activo que ya fue evaluado y ha cumplido los requerimientos según la norma, he

V. CONCLUSIONES

Con base en la respuesta en el control de insectos plaga en cultivos de Brassica, en el municipio de Cuautitlán Izcalli, México, se concluye lo siguiente:

El Benzoato de Emamectina en concentración de $500 \text{ mL} \cdot \text{Ha}^{-1}$ resultó ser el ingrediente activo con mejor efecto controlador para larvas de *Leptophobia aripa* y estadios juveniles de *Murgantia histrionica*,

El Dimetoato a una concentración de $1.0 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ tuvo una efectividad de 40% para el control de larvas de *Leptophobia aripa*; sin embargo, estadísticamente no es significativa comparado con los otros tratamientos.

Para el control de *Murgantia histrionica* (Hahn) adultos, el Dimetoato y el Benzoato de Emamectina en la dosis más baja, alcanzaron una efectividad de 70%; mientras que en la dosis más alta, el Dimetoato fue 10% mayor que el Benzoato de Emamectina el cual alcanzó 80% de efectividad.

Para el control de *Murgantia histrionica* (Hahn) en estadios juveniles el Benzoato de Emamectina tiene una efectividad de 80-90% y el Dimetoato 90% de efectividad.

El daño foliar, con Benzoato de Emamectina tuvo un margen de 60-70% de efectividad, mientras que el Dimetoato solo alcanzo una efectividad de 40-50%.

Para el control de adultos de *Murgantia histrionica* las plantas tratadas con Dimetoato a concentración de $1000 \text{ mL} \cdot \text{ha}^{-1}$ se tuvo mayor efectividad.

Se observó un área foliar mayor en los tratamientos de Benzoato de Emamectina en comparación con las plantas de los tratamientos de Dimetoato.

Se encontró diferencia estadística significativa en el control de huevecillos de *Leptophobia aripa* y el daño foliar causado por las larvas de la misma especie.

De acuerdo con la fórmula de Abbott, la efectividad del Benzoato de Emamectina es superior al Dimetoato que se consideró como testigo regional.

No existe diferencia estadística significativo en la efectividad del Benzoato de Emamectina con relación al Dimetoato, pero por el origen del ingrediente activo, se considera que es una variante en el manejo integrado de plagas, siendo un activo para evitar la resistencia de las plagas y disminuir el uso indiscriminado de activos de segunda generación.

Los márgenes de efectividad del Benzoato de Emamectina van de un 60-80%, dicho efecto depende de la concentración del ingrediente activo.

Los productores que opten por un MIP con este ingrediente activo como último recurso en cuanto a control químico tienen la ventaja de estar aplicando un producto de origen biológico, que potencialmente les puede permitir acceder a mercados de mayor exigencia en inocuidad.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Alfonso, M. (2002). Los plaguicidas botánicos y su importancia en la agricultura orgánica. *Agricultura Orgánica*. 8:26-30
- Altieri, M y Nicholls, C. (2007) El manejo de las plagas a través de la diversificación de las plantas. *LEISA Revista de Agroecología*. 22(4):9-13.
- Arango, G. J. (2008). Alcaloides y compuestos nitrogenados. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 2-82 p.
- Badii M, Landeros J y Cerna E. (2007) Manejo Sustentable de Plagas, *Cultura Científica y Tecnológica*, 4(23):13-30 p.
- Barrera, J.; Montoya, P. y Rojas, J. (2006). Bases para la aplicación de sistema de trampas y atrayentes en manejo integrado de plagas. Departamento de Entomología Tropical. El Colegio de la Frontera Sur. Colima, México. 16 p.
- Bedmar, F. (2011). *¿Qué son los plaguicidas? Ed.* Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina. 21:11-16 p.
- Benedico, E. C. (2002). Insecticidas organofosforados. De la guerra química al riesgo. *MEDIFAM*. Huesca, España 12:333-340 p.
- Borrego, J. M. (2008). *Elementos de la horticultura general*. Mundi-Prensa Madrid. España 481 p.
- Breukelen-Groeneveld, C. V. (2017). Seguridad de los insecticidas neonicotinoides para las abejas. *BEEINFORMed*. 4:14
- Calva, L. G. (1998). *Plaguicidas organoclorados*. Departamento de Hidrobiología. Universidad Autónoma Metropolitana– Iztapalapa, México, DF 35-45p.

- Cañedo, V. (2011). *Manejo integrado de plagas de insectos en hortalizas*. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 48p
- Cespón, M. F. (2015). Control de la temperatura para la prevención de plagas poscosecha en la conservación de granos. *Ingeniería y desarrollo*, 33:217-237.
- Chaves, N. F. (2012). Efecto de la rotación de cultivos en la incidencia del amachamiento (*Aphelenchoides besseyi* CHRISTIE) EN FRIJOL. *Agronomía Costarricense*, 61-70 p.
- Cisneros, F. H. (1995). *Control de Plagas Agrícolas*. Lima,Peru. 300 p recuperado el 17 de Octubre del 2019 en http://www.avocadosource.com/books/cisnerosfausto1995/cpa_toc.htm
- Cuevas,S. M. I; Rodríguez M. M;Romero N. C. (2015). Infusiones botánicas para el control de *Leptophobia aripa elodia* Boisduval (Lepidoptera: Pieridae) en brócoli (*Brassica oleracea var. italica*) bajo condiciones de laboratorio. Sociedad Mexicana de Entomologías, Boletín Especial 1:71- 71.
- De Liñan, V.C., (2003). *Farmacología Vegetal*. Madrid, España: Agrotecnias. 1270 p
- De Liñan, V. C. (2014). *Agroquímicos de México*.: Ediciones Agrotécnicas, S.L. Madrid, España 320p
- Diario Oficial de la Federacion (2015). NOM-032-FITO-1995 *Estudios de efectividad biológica de plaguicidas y su dictamen técnico*. Mexico. Recuperado el 06 de julio del 2019 en https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5403310&fecha=11/08/2015
- FAO. (1990). Glosario de Términos Fitosanitarios de la FAO. *Boletín fitosanitario de la FAO*: 5-23 p.
- FAO. (1998) ¿Qué es el Manejo Integreado de Plagas? Recuperado el 27 de septiembre del 2019 en <http://www.fao.org/Noticias/1998/ipm-s.htm>

FAO. (2009). La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050. Foro de Expertos de Alto Nivel, Roma, Italia. Recuperado en 25 de agosto del 2019 en http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf

Gaitán, B. A. y S. L. Del Ró G. (2014) Feromonas. Artópodos y Salud. 11-15 recuperado el 23 de agosto del 2019 en <http://www.fao.org/Noticias/1998/ipm-s.htm>

Gowan Mexicana, (2019). *Ficha tecnica Dimetoato*. Mexicalli, Mexico.: Gowan México. Recuperado el 7 de septiembre del 2019 en http://tacsamx.com/DEAQ/src/productos/664_10.htm

INECC (2019) Dimetoato, datos de identificación, recuperado el 30 de Noviembre del 2019 en <http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/plaguicidas/pdf/dimetoato.pdf>

Irmaileh, B. A. (2004). Solarización del suelo. En O. d. Alimentación., *Manejo de malezas para países en desarrollo*. Roma, Italia: FAO. Recuperado el 13 de Agosto del 2019 en <http://www.fao.org/3/y5031s0g.htm>

Jiménez, D. E. (2009). *Métodos de Control de Plagas*. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 139 p

Ledesma, A. (2015). *Plaguicidas de última generación eficiencia agronómica y su interacción con el medio ambiente y la salud humana*.: Bayer CropScience. 1-25 p. Recuperado el 03 de noviembre del 2019 en <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjNtKn259XtAhVFOq0KHZsVCk4QFjAAegQIAhAC&url=http%3A%2F%2Fpublico.senasica.gob.mx%2Fincludes%2Fasp%2Fdownload.asp%3FIdDocumento%3D29578%26IdUrl%3D79945%26objeto%3DDocumento%26IdObjetoBase%3D29578%26down%3Dtrue&usg=AOvVaw1hkCr7dV9vSuCZ3V5u5uPH>

Luna, J. M. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*. España 37:385-408.

- Martínez, N. (2010). Manejo integrado de plagas: una solución a la contaminación ambiental. *Comunidad y Salud Revista Scielo* 8:73-82.
- Moreno, L. V. (2008). *Conservación y manejo de enemigos naturales fitófagos de los sistemas agrícolas de Cuba*. CIDISAV. Habana, Cuba. 91-94 p.
- Mujica, Y.;Martínez,M ; Alemán, J. y Ravelo, J (2009). Fluctuación poblacional de plagas de la col (*Brassica oleracea*) y otros enemigos naturales en dos agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 30(4):10-15.
- Nava-Pérez, E., García-Gutiérrez, C., & Vázquez-Montoya, J. R.-B. (2012). Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. *Ra Ximhai Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*, 8:17-29.
- Organismo Internacional de Energía Atómica (2020). Técnica de los insectos estériles. *IAEA*. Recuperado de <https://www.iaea.org/es/temas/tecnica-de-los-insectos-esteriles> el 18 de enero del 2020.
- Pacheco, J. J. (2011) Efectividad biológica de insecticidas contra ninfas de *Diaphorina citri* Kuwayama (*Hemiptera: Psyllidae*) en el Valle del Yaqui, Son. Recuperado el 4 de noviembre del 2019 en <http://www.entomologia.socmexent.org/revista/2012/EA/557-561.pdf>.
- Rappoport, Z. (2003). *The Chemistry of Phenols*.Chicester,:John Wiley & Sons, Inglaterra: Recuperado el 07 de Agosto del 2019 en https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/5199/RODRIGUEZ_ALFREDO_MANUEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Red de Alerta e Información Fitosanitaria de Andalucía (2018) Mosquito del trigo en los cereales de invierno. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de Andalucía, España, Recuperado el 17 de Octubre del 2019 en <http://www.juntadeandalucia.es/>

agriculturapescaypesarrollorural/raif/novedades/asset_publisher/4rpcT3lrh8uL/content/mosquito-del-trigo-en-los-cereales-de-invierno?inheritRedirect=true

- Reyes, M. A. (2016). Evaluación de insecticidas en el control de gusano cogollero en maíz en Cocula, Guerrero. *Entomología Mexicana*, 3:391-394.
- Rodríguez A, M (2017) Compuestos fenólicos como bioplaguicidas de *Sitophilus zaeamias* (Motschulsky). Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Recuperado el 17 de octubre del 2019 en <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/5199>
- Rodríguez G. H, Acosta de la Luz, L, Hechevarría S. I, Milanés F. M, y Rodríguez F. C. (2008). Estudio comparativo entre el monocultivo y la asociación de cultivo en varias plantas medicinales. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 13:3
- Rodríguez, R. M. (2014). Normal climática de la estación meteorológica Almaraz, Cuautitlán Izcalli México (1987-2013). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado el 21 de octubre del 2019 en <https://repositorio.unam.mx/contenidos/42407>
- Rodríguez, O. G. (2001). La asociación de cultivos una estrategia más para el manejo de enfermedades, en particular con *tagetes spp*. *Revista mexicana de fitopatología*, 19:94-99.
- Rogg, H. W. (2000). *Manejo integrado de plagas en cultivos de la amazonia ecuatoriana*. Escuela Superior Politécnica Ecológica Amazónica. Quito, Ecuador: 183 p
- Rojas, E. B. (2001). En búsqueda de un sistema de resistencia estable en plantas cultivadas. *Manejo integrado de plagas*, 3-14.
- Romero, R. F.(2004) Manejo integrado de plagas: las bases, los conceptos y su mercantilización. Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, México. 96 p
- SENASICA. (2019). Manual para el buen uso y manejo de plaguicidas en campo. SADER. Mexico. 5-73 p.

- SIAP (2017). Atlas agroalimentario de México. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA. 42-66p
- Silva, A. E. (2005). Efectividad del insecticida benzoato de emamectina para el control de *Keiferia lycopersicella* (Walsingham) en cultivo protegido de tomate. *Fitosanidad*, 9: 17-20.
- Sosa, M. (2000). Bioactividad de flavonoides sobre larvas de *Tenebrio molitor* (Coleóptera: Tenebrionidae). *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 5:179-184.
- Syngenta (2019) Ficha técnica benzoato de emamectina, Chile. Recuperado el 10 de Noviembre del 2019 en <https://www.syngenta.cl/product/crop-protection/insecticidas/proclaimr-05-sg-2>
- Tamez, P. G. (2001). Bioinsecticidas: su empleo, producción y comercialización en México. *CIENCIA UANL*, 143. Recuperado el 28 de noviembre del 2019 en <https://www.redalyc.org/pdf/402/40240205.pdf>
- Valle-De la Paz, M, Solís-Aguilar, J.F. (2003) efectividad biológica de productos no convencionales contra trips en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass) en Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. Congreso Mundial de Aguacate. 735-740.
- Warey, G.W. and D.M. Whitacre (2004). *The Pesticide Book*. 6ª ed. MeisterPro Information Resources. Willoughby; Ohio, USA. Recuperado el 4 de septiembre de 2020 de <https://docplayer.es/11598812-Introduccion-a-los-insecticidas.html>
- Zepeda-Jazo, I. (2018). Manejo sustentable de plagas agrícolas en México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*. 15(1): 99-108.
- Zilli, R. C. (2018) México, quinto productor mundial de brocoli. *El Economista*. México. 20-19 p.

ANEXOS

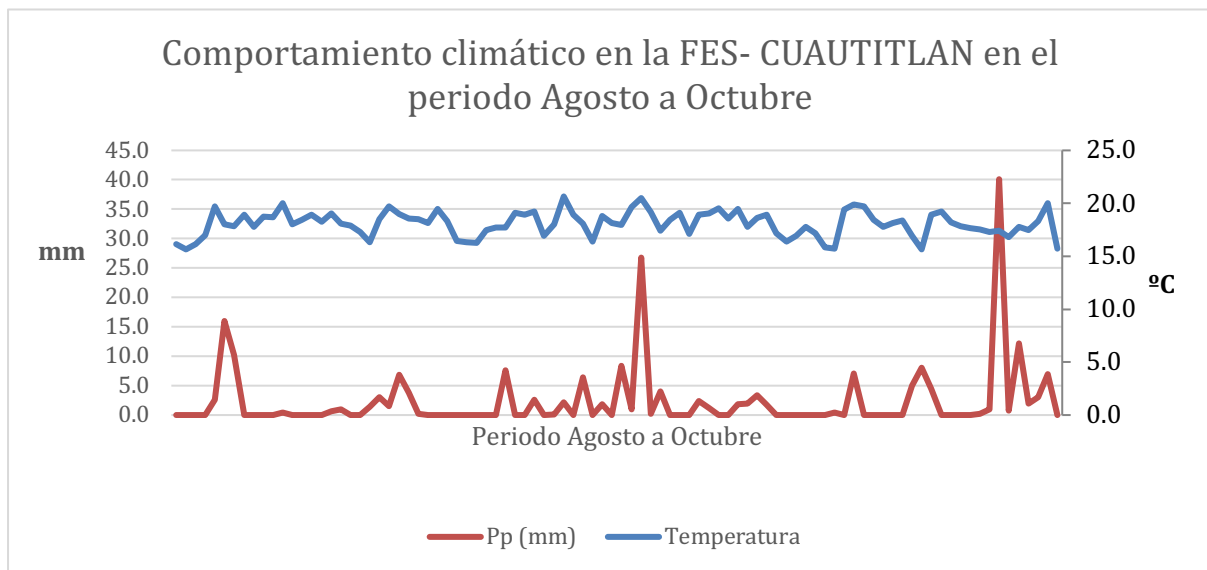
Anexo 1. Clasificación de insecticidas por su estructura química.

| Tipo de Insecticida | Lugar y mecanismo de acción | Ejemplos |
|---------------------------|---|--|
| Carbamatos | Inhibidores de acetilcolinesterasa | Aldicarb, Bendiocarb, Carbamil, Carbofuran, Carbosulfan, Metiocarb, Metomil, Pirimicarb, Tiodicarb. |
| Organofosforados | Bloquean la acción de la enzima acetilcolinesterasa, interrumpiendo la transmisión de impulsos entre las células nerviosas | Acefato, Clorpirifos, Diazinon, Dimetoato, Fenitroton, Fention, Malation, Metamidofos, Monocrotofos, Paration, Pirimifos, Profenofos, Temefos. |
| Organoclorados | Antagonistas del canal de cloruro regulado por GABA. | Clordano, Endosulfan, gamma-HCH (Lindano). |
| Fenilpirazoles (Fripoles) | Interfieren con los canales de cloruro en la membrana nerviosa, interrumpiendo la transferencia de iones y la transmisión de impulsos entre las células nerviosas | Fipronil. |
| Organoclorados | Moduladores del canal de sodio. | ddt |
| Piretroides | Interfieren con los canales de cloruro en la membrana nerviosa, interrumpiendo la transferencia de iones y la transmisión de impulsos entre las células nerviosas | Alletrin, Bifentrina, Ciflutrina, Lambda cyalotrina, Cipermetrina, Deltametrina, Fenvalerate, Permetrina, Resmetrina |
| Piretrinas | | |

| | | |
|---|---|---|
| | | Piretrinas (piretrum) |
| Neonicotenoides Nicotina Spinocin | Agonista/antagonista del receptor de Acetilcolina de tipo nicotínico Imita la acción de neurotransmisor acetilcolina bloqueando los receptores e interrumpiendo la acción nerviosa | Acetamiprid, Imidacloprid, Nitenpiram, Tiacloprid, Tiamotexam |
| Avermectin Milbemycina | Moduladores de la regulación enzimática del canal de cloruro de glutamato. Acción nerviosa y muscular | Abamectin, Emamectin benzoate, Lepimectin, Milbemectin |
| Rotenona | Inhibidores del transporte del electrón del complejo I mitocondrial Interrumpe el transporte de electrones dentro de las mitocondrias | Derris, Rotenona |
| Indoxacarb | Bloqueadores del canal de sodio dependientes del voltaje Interfieren con los canales de sodio en la membrana nerviosa interrumpiendo la transferencia de iones y la transmisión de impulsos entre las células nerviosas. | Indoxacarb |

Fuente. Insecticide Resistance Action Committee (2020).

Anexo 2. Comportamiento Climático.



Fuente. Estación meteorológica de la FES-Cuautitlan; Dr. Gustavo Mercado Mancera