

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Diadegma insulare como Alternativa de Manejo Biológico de *Plutella xylostella* L. en
Brócoli *Brassica oleracea* variedad *itálica*

Por:

WILLIAM ZÁRATE MARTÍNEZ

Monografía

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITOLÓGO

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGIA

Diadegma insulare como Alternativa de Manejo Biológico de *Plutella xylostella* L. en
Brócoli *Brassica oleracea* variedad *italica*

Por:

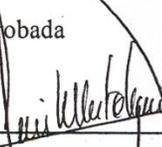
WILLIAM ZÁRATE MARTÍNEZ

Monografía

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada



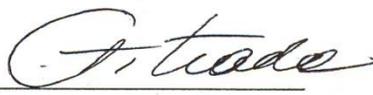
Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe

Asesor Principal



Dr. Mariano Flores Dávila

Coasesor



Ing. Cesar Estrada Torres

Coasesor

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2013

Coordinación
División de Agronomía

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a mi Dios por permitirme alcanzar este mi gran sueño.

A mi país, al pueblo mexicano, por su gran sacrificio.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por abrirme sus puertas y darme el honor de formar parte de sus alumnos.

A mi familia por haber sido mi gran inspiración para alcanzar este sueño.

A mis asesores por su apoyo incondicional para que este trabajo se llevara a cabo, por estar siempre ahí, apoyándome en el desarrollo de cada actividad, por su tiempo, paciencia y sus grandes enseñanzas.

A ti K.M.L. por tu gran amor, apoyo y aliento para conseguir este nuestro sueño, por estar a mi lado aun cuando todo era sufrimiento, por ser quien eres muchas gracias.

DEDICATORIA

A mi familia por ser mi gran inspiración para lograr este sueño.

A ti papá por ser un ejemplo de lucha, de fortaleza y enseñarme que para alcanzar algo primero hay que soñarlo sin importar lo que digan los demás, por ser indiferente ante mis fracasos y celebrar con alegría mis triunfos.

A ti mamá por ser la mujer que me dio la vida, el ángel terrenal que cuida de mis pasos, gracias por acompañarme en el camino de la vida rumbo a la conquista de mis sueños. Gracias por darme amor, ternura y creer en mí cuando todo el mundo ya no lo hacía y mucho menos lo merecía.

A ti Keyla por ser mi hermana, por caminar a mi lado, por entender y comprender los sueños, proyectos y sufrimientos durante este tiempo, gracias por todas tus palabras de apoyo en los momentos difíciles, mil gracias por formar parte de mi vida.

A ti Marlen por ser mi cómplice, mi amiga y mi hermanita, gracias por compartir las risas de cada etapa y sobre todo por tus palabras de comprensión y apoyo que me ayudaron para lograr este sueño, por estar conmigo en las buenas, en las malas y en las peores.

Mil gracias por las infinitas segundas oportunidades que me han ofrecido, por enseñarme que no importa las veces que uno cae, si no las que uno se levanta, por apoyarme y quererme aun cuando no lo merecía. Nunca podre pagarles.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE CUADROS.....	IX
RESUMEN.....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	2
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
Descripción del Cultivo de Brócoli.....	3
Antecedentes.....	3
Origen.....	3
Clasificación taxonómica.....	5
Morfología de la planta.....	5
Raíces.....	6
Tallos.....	6
Hojas.....	6
Inflorescencia.....	7
Fruto.....	7
Semillas.....	8
Condiciones ambientales.....	8
Clima.....	8
Temperatura.....	9
Humedad.....	9
Luminosidad.....	9
Requerimientos edáficos.....	10
Requerimientos nutricionales.....	10
Fenología.....	11
Fase vegetativa.....	11
Fase de establecimiento o de desarrollo.....	12
Fase de cierre de cogollo.....	12
Fase de formación de cabeza o cabeceo.....	13

Distribución mundial.....	13
Distribución en México.....	14
Principales plagas.....	15
Malezas.....	15
Enfermedades.....	15
Mildiu.....	15
Hongos del cuello.....	16
Pie negro de las crucíferas.....	16
Botrytis.....	16
<i>Alternaria</i>	16
Hernia o potra de la col.....	17
Nerviación negra.....	17
Virus.....	17
Insectos.....	18
<i>Spodoptera exigua</i>	18
<i>Copitarsia consueta</i>	19
<i>Pieris brassicae</i> L.....	19
<i>Brevicoryne brassicae</i> L.....	19
<i>Trichoplusia ni</i> (Hübner).....	20
<i>Plutella xylostella</i> L.....	21
Descripción de la Palomilla Dorso de Diamante <i>Plutella xylostella</i>	23
Aspectos generales.....	23
Clasificación taxonómica.....	26
Ciclo de vida y hábitos.....	26
Descripción morfológica.....	30
Métodos de control.....	33
Control legal.....	33
Control cultural.....	33
Control químico.....	34
Control biológico.....	35
Patógenos.....	36

Depredadores.....	37
Parasitoides.....	38
Descripción del parasitoide <i>Diadegma insulare</i>	40
Sinónimos.....	40
Descripción.....	40
Huevo.....	40
Larva.....	40
Pupa.....	41
Adulto.....	41
Ciclo de vida.....	42
Biología.....	44
Taxonomía.....	45
Hábitos.....	45
Origen.....	46
Características.....	46
Distribución mundial.....	48
Distribución en México.....	48
Importancia de <i>Diadegma insulare</i>	49
Antecedentes de <i>Diadegma insulare</i> como parasitoide.....	49
Cría del parasitoide en laboratorio.....	51
Metodología para la Cría del parasitoide en invernadero.....	52
Cosecha de <i>D. Insulare</i>	54
Liberaciones.....	54
Alimentación de <i>D. insulare</i>	54
Condiciones de desarrollo.....	56
Programas exitosos en el mundo.....	56
Buen manejo de <i>Diadegma insulare</i>	56
CONCLUSIONES.....	58
BIBLIOGRAFÍA.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Distribución mundial del brócoli.....	4
Figura 2. Fase vegetativa.....	11
Figura 3. Fase de establecimiento.....	12
Figura 4. Fase de cierre de cogollo.....	12
Figura 5. Fase de formación de cabeza.....	13
Figura 6. Ciclo biológico de <i>Plutella xylostella</i>	28
Figura 7. Huevecillos de <i>Plutella xylostella</i>	31
Figura 8. Larvas de <i>Plutella xylostella</i>	31
Figura 9. Pupa de <i>Plutella xylostella</i>	32
Figura 10. Adulto de <i>Plutella xylostella</i>	32
Figura 11. Ciclo de vida de <i>Diadegma insulare</i>	42
Figura 12. Jaula con fondo de madera y forrado con malla de nailon.....	52

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Fertilización.....	11
Cuadro 2: Promedio de la duración del ciclo biológico de la Palomilla Dorso de Diamante <i>Plutella xylostella</i> (L) en días.....	28
Cuadro 3. Ciclo biológico de la Palomilla Dorso de Diamante <i>Plutella xylostella</i> (L) en el tiempo fisiológico.....	29
Cuadro 4. Enemigos naturales.....	35

RESUMEN

La presente monografía ofrece información reciente y tangible sobre el cultivo de las crucíferas, su importancia a nivel nacional y mundial, su principal insecto plaga que es *Plutella xylostella* y el parasitoide de este, *Diadegma insulare* como un alternativa de manejo de la Palomilla y al cual se le debe prestar atención debido a ser un insecto originario de América y se reportan altos porcentajes de parasitismo lo cual ayuda a mejorar los ámbitos económicos, ecológicos y sustentables.

El presente trabajo se realizó con la intención de ofrecer información acerca del parasitoide ya que la falta de información sobre el tema no ha permitido el uso de este insecto, además de la gran importancia que tiene el manejo y cuidado del cultivo para ofrecer productos inocuos y la importancia del manejo sustentable en la actualidad.

Palabras claves: *Diadegma insulare*, Control Biológico, *Plutella xylostella*, Brócoli, Parasitismo.

INTRODUCCIÓN

Las crucíferas son una familia de gran importancia a nivel mundial por su alto valor económico y alimenticio, esta familia está distribuida en todo el globo terráqueo, en México se siembran alrededor de 214 mil hectáreas tan sólo de brócoli pero esta producción se ve afectada por una serie de plagas y enfermedades que la atacan, por lo que los rendimientos se ven mermados.

Una de las plagas de mayor importancia en el cultivo de las crucíferas es la Palomilla Dorso de Diamante *Plutella xylostella* L., este insecto es el más destructivo en todo el mundo y ha desarrollado una gran resistencia a la mayoría de los insecticidas aplicados en campo, haciendo muy difícil su control, a tal grado que las pérdidas anuales por su manejo se estima en un billón de dólares.

Los métodos de control utilizados para el manejo de esta plaga van desde lo legal hasta lo químico siendo el primero de los más complicados de utilizar por todo lo que conlleva su aplicación, el químico es uno de los más utilizados, pero también de los más caros y cuestionados por los daños que causa al ambiente y a la salud humana.

En la actualidad se buscan estrategias que le den un manejo adecuado a la plaga sin comprometer el rendimiento del cultivo, la salud humana y el medio ambiente, por lo cual el control biológico que es una alternativa nada reciente para el manejo de plagas, se ha estudiado la avispa *Diadegma insulare* que es uno de los parasitoides más importantes para el control de la Palomilla Dorso de Diamante por tener el mismo ciclo biológico que su hospedero

El presente trabajo tiene como objetivo recabar información confiable sobre el manejo de la *P. xylostella* mediante el uso de *D. insulare* además de proporcionar información sobre la reproducción masiva de dicho parasitoide bajo condiciones de laboratorio – invernadero.

JUSTIFICACIÓN

El brócoli es uno de los alimentos llamados súper alimentos, la población mundial crece rápidamente y la gente demanda alimentos sanos y nutritivos. Se ha descubierto que el brócoli es altamente vitamínico y tiene propiedades que ayudan a combatir las células cancerígenas y retrasa el envejecimiento.

Por otra parte las superficies sembradas van en aumento debido a la alta demanda de brócoli y en consecuencia los problemas con plagas también, lo cual nos lleva a buscar alternativas de control biológico por las exigencias de productos inocuos que cada día son más relevante.

De esta manera se pretende ofrecer información de *Diadegma insulare*, un parasitoide de la Palomilla Dorso de Diamante, plaga principal del brócoli con el objetivo de que se pueda integrar en un programa de control biológico.

Descripción del Cultivo de Brócoli

Antecedentes

El cultivo de las crucíferas se remonta por lo menos a 2500 años A.C., siendo el repollo, la col crespa y el col rábano las primeras variedades en ser domesticadas; el repollo, coliflor y brócoli eran ya conocidos por los griegos, romanos y los antiguos germanos, sajones y celtas fueron los primeros en cultivarlos en el norte de Europa. Previamente a ser cultivadas y utilizadas como alimento, fueron usadas con propósitos medicinales contra la sordera, la diarrea y el dolor de cabeza, entre otros (Díaz y Jaramillo, 2006).

La familia botánica de las crucíferas se considera nativa del Asia Occidental y Europa. Tienen un ancestro común en una planta silvestre del Mediterráneo o del Asia menor que fue llevada a las peñas calcáreas de Inglaterra, a las costas de Dinamarca, Holanda, Francia, España y Grecia (Díaz y Jaramillo, 2006).

Las plantas originarias todavía crecen en forma silvestre a lo largo de las costas del Mediterráneo y en las costas marítimas de Gran Bretaña y del sudoeste de Europa. Estas especies por selección natural o mutación han dado origen a las especies que se cultivan actualmente (Díaz y Jaramillo, 2006).

Origen

El brócoli es originario de las costas del Mediterráneo y Asia Occidental, donde actualmente se encuentran Grecia, Turquía y Siria, de allí fue llevada a Inglaterra, Dinamarca, Holanda, Francia, España y Grecia. Su nombre proviene del término Italiano «broco» que quiere decir brote, en alusión a la parte comestible y preciada de la planta (Díaz y Jaramillo, 2006).

Su diseminación por el mundo se le atribuye a los comerciantes y navegantes del mediterráneo, como también a los intercambios culturales que se dieron durante la expansión y consolidación de las culturas del Mediterráneo griega, romana, musulmana entre otras (Díaz y Jaramillo, 2006).



Figura 1. Distribución mundial del brócoli. (Wien y Wurr, 1999)

Clasificación taxonómica

El brócoli pertenece a la familia Cruciferae, su nombre científico es *Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck (Maroto, 1997 citado por Nebreda, 2005).

Reino: Vegetal

Phylum: Traqueofitas

Subphylum: Pteropsidas

División: Spermatophyta

Subdivisión: Angiosperma

Clase: Dicotiledónea

Subclase: Diapétala

Orden: Papaverales

Familia: Brassicaceae

Género: *Brassica*

Especie: *Brassica oleracea* L.

Variedad: *italica* Plenck

(Araujo, 1999)

Morfología de la planta

El brócoli es una planta anual, de hábito de crecimiento erecto, con una altura entre 60 a 90 cm., y termina en una masa de yemas funcionales, Estas necesitan vernalización para producir el vástago floral (Díaz y Jaramillo, 2006).

La parte comestible es una masa densa de yemas florales de color verde grisáceo o morado, que puede alcanzar un diámetro de 20 a 35 cm, dependiendo del cultivar (Díaz y Jaramillo, 2006).

Raíces

El sistema radicular del brócoli trasplantado en el campo definitivo está conformado por raíces adventicias secundarias, terciarias y raicillas, las que se concentran en su mayor parte en los primeros, 40 a 60 centímetros de profundidad. (Toledo, 1995 citado por Valdez, 2012).

Son ramificadas, profundas, extendiéndose alrededor del tallo de 45 a 60 centímetros (Díaz y Jaramillo, 2006).

Tallos

La planta de Brócoli es de naturaleza herbácea, con un tallo principal cuyo diámetro varía entre 2 y 6 centímetros y 20 a 50 centímetros de longitud. Este tallo principal presenta entrenudos cortos con hábitos de desarrollo intermedio entre la forma roseta y caulinar (Intriago, 1998).

Son herbáceos, cilíndricos; el tallo principal es relativamente grueso (3 a 6 cm de diámetro), de 20 a 50 cm de alto, sobre el cual se disponen las hojas en forma helicoidal, con entrenudos cortos (Díaz y Jaramillo, 2006).

Hojas

Son de color verde oscuro, rizadas, festoneadas con ligerísimas espículas, usualmente alternas, simples o compuestas, enteras a variadamente lobuladas o dentadas, de lámina foliar amplia, de color verde, cerosas, insertadas en forma alterna y a distancias cortas, formando entrenudos cortos, lo que permite forma de roseta (Díaz y Jaramillo, 2006).

Las hojas del brócoli suelen ser más pecioladas, estrechas y erguidas que las de coliflor, con pecíolos generalmente desnudos, limbos frecuentemente con

los bordes más ondulados así como nervaduras más marcadas. Se disponen en forma helicoidal, de tamaño grande, de hasta 50 cm de longitud y 30 cm de ancho, y varían en número, de 15 a 30, según el cultivar. Los pecíolos alcanzan un tercio de la longitud total de la hoja.

La lámina es entera, presentando un limbo hendido, de borde fuertemente ondulado y un tono verde-grisáceo. En la base de la hoja puede dejar a ambos lados del pecíolo pequeños fragmentos de lámina foliar a modo de foliolos, con ligerísimas espículas (Díaz y Jaramillo, 2006).

Inflorescencia

Primaria, conformada por flores dispuestas en un corimbo principal. Los corimbos son de color verde claro a púrpura y las flores son de color amarillo sobre inflorescencias racimosas de polinización alógama (Díaz y Jaramillo, 2006).

Es una pella compacta de color verdoso que forma brotes laterales, presenta las yemas florales en el extremo del tallo principal pero tras el corte de este van apareciendo más yemas escalonadamente en las axilas de la hoja, dando al conjunto un aspecto ramificado (Valdez, 2012).

Es la parte comestible de la planta la cual es una masa densa de yemas florales de color verde grisáceo o morado, que puede alcanzar un diámetro de 20 a 35 cm. La pella no está cubierta por hojas, es de menor tamaño y esta sobre un tallo floral más largo (Díaz y Jaramillo, 2006).

Fruto

Es una silicua (pequeña vaina) de color verde oscuro cenizo, de 3 a 4 cm. y que contiene de tres a ocho semillas por silicua (Díaz y Jaramillo, 2006).

Semillas

Tienen forma de munición y miden de 2 a 3 mm. de diámetro. Un gramo de semillas contiene aproximadamente 350 semillas (Díaz y Jaramillo, 2006).

Condiciones ambientales

Clima

Por ser originario de una región sub-húmeda de bajas temperaturas, está adaptado para desarrollarse óptimamente en condiciones de temperaturas moderadas, con agua fácilmente disponible, humedad relativa de media a alta y luminosidad moderada.

La planta tolera heladas suaves, pero al tener inflorescencia esta se congela y posteriormente se pudren, se adaptan a alturas comprendidas entre 1800 y 2600 m.s.n.m., con temperaturas promedio de 14° a 25° C. y precipitaciones no mayores a 1400 mm/año (Díaz y Jaramillo, 2006).

Las plantas de brócoli, cuando están en periodo vegetativo, al ser expuestas a altas temperaturas, no presentan ningún daño, pero temperaturas por encima de 26 °C a partir del inicio de la etapa reproductiva, empiezan a presentarse síntomas de daño por calor (Díaz y Jaramillo, 2006).

El crecimiento de esta especie es muy rápido, a temperaturas por encima de 20 °C durante la formación de la inflorescencia, siendo necesario cosecharlo a tiempo, para evitar la apertura de las yemas florales. No resiste las heladas severas y no produce bien sus yemas florales a temperaturas superiores a 30 °C (Díaz y Jaramillo, 2006).

Contrariamente, las temperaturas bajas en la etapa vegetativa, por debajo de 5 °C, inducen a las plantas a formar estructuras florales prematuras, pequeñas, deformes, de grano grueso y de menor calidad; durante la fase reproductiva, causan trastornos en el color de las florecillas y hay una tendencia a deformar el domo (Díaz y Jaramillo, 2006).

Temperatura

La temperatura promedio anual recomendada es de 13 - 15 °C durante el día y de 15 - 17 grados centígrados durante la noche (Bustos, 1996 citado por Valdez, 2012).

La planta para su desarrollo normal en la fase de crecimiento necesita temperaturas entre 20 a 24 grados centígrados y para poder iniciar la fase de inducción floral necesita entre 10 y 15 grados centígrados. La planta y la pella no se hielan con temperaturas cercanas o por debajo de los cero grados centígrados (Valdez, 2012).

Humedad

La humedad relativa óptima oscila entre un 40% y un 60%. Humedades relativas muy elevadas favorecen al desarrollo de enfermedades. (Terranova, 1995 citado por Valdez, 2012).

Luminosidad

La falta de luminosidad puede incidir de forma negativa sobre los procesos de floración, fecundación así como el desarrollo de la planta. En los momentos críticos durante el período vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna, nocturna y luminosidad. (Guerrero, 1993 citado por Valdez, 2012).

Requerimientos edáficos

El suelo para la siembra de esta especie, debe ser profundo, de textura media (franco-arenoso), con alto contenido de materia orgánica y buena capacidad de retención de humedad; de buen drenaje, pues es una planta muy sensible al encharcamiento. Se desarrolla bien en suelos ácidos con un pH entre 5.5 y 6.2; es sensible a disminución brusca del pH del suelo, pues la falta de algunos nutrimentos como magnesio, molibdeno y boro, causan desordenes fisiológicos en la planta (Tamayo, 2006).

Se desarrolla en una amplia gama de suelos pero son preferibles los franco, franco arcillosos o franco limosos, profundos, con buen contenido de materia orgánica y con una buena capacidad de retener agua. En suelos pesados es necesario llevar a cabo labores de drenaje tanto interno como superficial (Valdez, 2012).

Para una adecuada producción de brócoli se requiere un pH alto, lo más cercano a la neutralidad. El intervalo más aconsejable para un mayor aprovechamiento de los nutrientes del suelo por parte de las plantas está entre 6.0 y 6.8, ya que es una planta poco tolerante a la acidez. (Bustos, 1996 citado por Valdez, 2012).

El pH óptimo para el cultivo de brócoli es de 6,5 y 7 pero puede variar de acuerdo a las localidades. (Cartagena, 1998 y Valdez, 2012).

Requerimientos nutricionales

Es un cultivo que requiere un alto nivel de materia orgánica, que se incorporará un mes o dos antes de la plantación. El brócoli es exigente en potasio y también lo es en boro; en suelos en los que el magnesio sea escaso conviene hacer aportación de este elemento. (Cartagena, 1998)

La fertilización es una práctica importante en el manejo de las crucíferas, que tiene como objetivo aumentar la concentración de nutrientes en la solución del suelo, cuando no existe suficiente cantidad de estos, para satisfacer las demandas nutrimentales del cultivo.

Las crucíferas son altamente extractoras de potasio y azufre y las recomendaciones generales de N, P₂O₅, K₂O, Mg, S se presentan en la tabla 1.

Cuadro 1. Fertilización.

Variedad	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S
	Kg/ha				
Brócoli	80	61	151	18	59

Fenología

Fase vegetativa

Cuando las plantas tienen 3-10 hojas verdaderas, lo cual ocurre entre la fecha de siembra y los 30-45 días después del trasplante

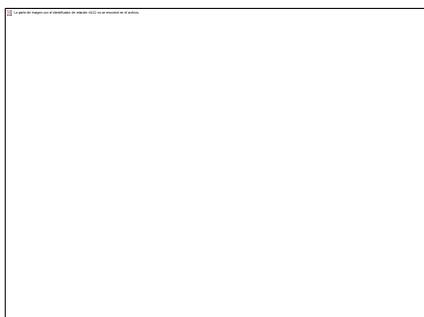


Figura 2. Fase vegetativa

Fase de establecimiento o de desarrollo

Posterior a la décima hoja, hasta el inicio del cierre del cogollo.



Figura 3. Fase de establecimiento

Fase de cierre de cogollo

Desde el cierre de cogollo o formación de copa, hasta que la cabeza o pella alcance una pulgada de diámetro.



Figura 4. Fase de cierre de cogollo

Fase de formación de cabeza o cabeceo

Desde que la cabeza o pella tenga una pulgada de diámetro hasta la cosecha; aproximadamente 12 semanas (Londoño y et al, 2001, citado por Londoño, 2006).



Figura 5. Fase de formación de cabeza

El ciclo comercial tiene una duración aproximada de 97 días en promedio, incluyendo, germinación, plántula en semillero (25- 30 días), trasplante a campo, crecimiento y desarrollo de las plantas hasta formación de la cabeza. Sin embargo, este ciclo puede acortarse a 92 días en época de verano y alargarse a 107 días, aproximadamente en época de invierno (Díaz y Jaramillo, 2006).

Distribución mundial

El brócoli es la hortaliza que se está difundiendo en todo el mundo ya que tiene un valor económico apreciado para su producción. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada. (Bosmediano, 2004 citado por Valdez, 2012).

Distribución en México

En los años 70's el cultivo de brócoli tomó auge en México, debido a la rentabilidad y por los nuevos hábitos de consumo sano. En el contexto internacional, el cultivo de este vegetal aumentó rápidamente, México es uno de los principales países exportadores de hortalizas frescas y congeladas hacia EE.UU. el excedente de demanda de esta legumbre que reporta Norteamérica, Europa y Asia es una oportunidad de mercado (SAGARPA, 2011).

Actualmente se han realizado investigaciones y mejoras en las plantas del brócoli, los avances científicos han mejorado la producción. El cultivo de esta hortaliza se ha convertido en un negocio rentable. En nuestros días una hectárea de brócoli alcanza a obtener una productividad de 15 toneladas.

En los últimos 30 años la superficie sembrada se incrementó a un ritmo de 13.8%. Actualmente, en la república mexicana se siembra una superficie de 214 mil hectáreas de brócoli (SAGARPA, 2011).

En México, las variedades más cultivadas de brócoli son:

- Heritage: proporciona altos rendimientos y brotes finos para la temporada caliente y seca del año en la zona Bajío.
- Ironman: es el estándar para mercado fresco y de insuperable calidad para proceso.
- Tlálóc: precocidad, uniformidad a cosecha y altos rendimientos.
- Triathlon: se producen brotes pesados ofreciendo mayor producción.
- Arcadia: rentable en el mercado de los frescos y congelados.
- Expo: ideal para otoño-invierno, soporta temperaturas bajas.

Las variedades existentes de brócoli son híbridos, lo que implica que se desarrollan genéticamente en laboratorio y que las plantas no producen semilla (SAGARPA, 2011).

Principales plagas

La población de plagas en crucíferas se incrementa con el desarrollo del cultivo. Por ello es importante saber identificar las fases fenológicas y aprender a tomar decisiones acertadas y oportunas de manejo de plagas (Londoño y et al, 2001, citado por Londoño, 2006).

Malezas

La competencia del cultivo con las malezas es elevada al principio, hasta 50 días después del establecimiento. En la actualidad el método mecánico-manual parece ser la manera más adecuada para lograr un efectivo control de malezas. El primer control se realiza un mes después del establecimiento, y el segundo un mes después de la primera limpia, por lo general se utiliza el azadón (Krarup, 1992 citado por Vargas, 2007). Esta labor se realiza con el fin de evitar competencia de agua, luz y nutrimentos y también por ser hospedero de plagas (Hidalgo, 1999 citado por Vargas, 2007).

Enfermedades

Mildiu.

El causante es el hongo llamado *Peronospora brassicae* Gaüm y supone la enfermedad criptogámica más generalizada y habitual en los cultivos de brócoli y crucíferas en general. Provoca en las hojas exteriores de la planta decoloraciones que acaban siendo manchas oscuras delimitadas por los nervios. En el envés se forma el correspondiente micelio blanquecino. Puede atacar desde el principio del nacimiento de la planta, haciéndolo con mayor virulencia en los cotiledones que llegan a desprenderse (Flint y Clarck, 1987 citado por Nebreda, 2005).

Hongos del cuello

Son provocadas fundamentalmente por dos especies de hongos, *Rhizoctonia solani* Kühn y *Phoma lingam*. Es una enfermedad propia de semillero o plantas jóvenes. Producen deformaciones que se originan en la parte superior de la raíz y cuello contiguo al tallo; la enfermedad puede producir la muerte de la planta, principalmente en siembras estivales (Flint y Clarck, 1987 citado por Nebreda, 2005).

Pie negro de las crucíferas

El pie negro de las crucíferas como también se conoce a la enfermedad causada por *Leptosphaeria maculans* (anamorfo *Phoma lingam*), es una enfermedad económicamente importante del brócoli en el Centro de México. En brócoli puede causar hasta 70% de pérdidas en la producción (Moreno *et al.*, 2005).

Botrytis

El hongo productor de esta enfermedad en brócoli al igual que en lechuga es el llamado *B. cinerea*. Los síntomas son: pudrición blanda y acuosa y de color gris parduzco de las hojas y tallos dañados o senescentes. En brócoli su aparición es más probable en variedades de inflorescencia cóncava por la retención de humedad en la misma (Flint y Clarck, 1987 citado por Nebreda, 2005).

Alternaria

El causante es el hongo de la especie *Alternaria brassicae* (Berk.) Bolle. Los primeros síntomas se pueden observar al nacer los cotiledones y en la aparición de las primeras hojas. Se forman unas manchas negras de un centímetro de diámetro, con anillos concéntricos de color más fuerte, que al ser

muy evidentes crean la depreciación del producto (Maroto, 1997 citado por Nebreda, 2005).

Hernia o potra de la col

Plasmodiophora brassicae Wor., es el hongo causante de esta enfermedad, la cual, ataca a las raíces que se ven afectadas de grandes abultamientos o protuberancias (Maroto, 1997 citado por Nebreda, 2005).

Nerviación negra

La bacteria causante de esta enfermedad es *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Pammel). En plantas de semillero o recién trasplantadas aparecen en las hojas abundantes manchas, que se van extendiendo hasta llegar a unirse y determinar en las hojas manchas color marrón necrosadas. En plantas adultas pueden aparecer daños vasculares, produciéndose en las zonas afectadas un oscurecimiento de los nervios. El ataque vascular va progresando hasta llegar a los vasos principales haciendo que las plantas reduzcan su ritmo vegetativo, muestren un crecimiento asimétrico y al final lleguen a morir.

Otras enfermedades bacterianas que afectan a los cultivos de brócoli son las producidas por especies del genero *Pseudomonas* y *Erwinia*, que aparecen en condiciones de excesiva humedad y altas temperaturas (Maroto, 1997 citado por Nebreda, 2005).

Virus

El *Cauliflower mosaic virus* (CaMV) y el *Broccoli necrotic yellows virus* (BNYV) son los dos virus más importantes que afectan a dicho cultivo. Ambos son transmitidos por pulgones, el primero por diversas especies, entre las que se encuentra *B. brassicae* y el segundo de manera exclusiva por *B. brassicae*.

Los síntomas del CaMV, que es el más habitual, se concretan en un mosaico foliar evidente acompañado de sinuosidad más o menos pronunciada en las nervaduras de las últimas hojas, reducción general del crecimiento de las plantas llegando, a veces, hasta el aborto total de la inflorescencia o futuro cogollo (Flint y Clarck, 1987; Brunt, 1996; Maroto, 1997 citado por Nebreda, 2005).

Insectos

El cultivo de brócoli, así como el del resto de crucíferas, puede ser atacado por algunos insectos, tanto en su parte aérea como en sus órganos subterráneos (Maroto, 1997 citado por Nebreda, 2005).

Las plagas que más frecuentemente atacan al cultivo de brocoli son las siguientes:

Spodoptera exigua

Las larvas se alimentan tanto de follaje como de frutos. Las larvas jóvenes se alimentan gregariamente y esqueletonizan el follaje. Conforme maduran, las larvas se vuelven solitarias y provocan grandes hoyos irregulares en el follaje cuando se alimentan. También pueden avanzar a la corona o centro de la cabeza de la lechuga o en las yemas de las crucíferas (Cartwright *et al.* 1987, Capinera, 2004).

Esta plaga tiene números enemigos naturales; sin embargo, los virus son considerados como el factor de mortalidad más importante (SAGARPA, 2000).

Copitarsia consueta

El daño más importante en brócoli es producido por las larvas al masticar el producto en formación (Bujanos y Marín, 2001).

La larva es de color verde claro o café con manchas antes de la pupación. Poco antes de convertirse en pupa abandona la planta y se dirige al suelo en donde pupa. La pupa mide 1.5 a 2.0 cm de largo y su color es café oscuro brillante (Bujanos y Marín, 2001).

Los adultos de esta plaga miden aproximadamente 4.0 cm con las alas extendidas; sus alas anteriores son de color café grisáceo con diferentes reticulaciones de un color más oscuro y las alas posteriores son de una apariencia pajiza con la región central más clara (Bujanos y Marín, 2001).

***Pieris brassicae* L.**

P. brassicae un lepidóptero que en su fase de oruga origina graves daños. Pueden tener hasta tres generaciones al año. Las mariposas son blancas y con manchas negras, realizando la puesta en el envés de las hojas. Las orugas son de color verde grisáceo con puntos negros y bandas amarillas, debido a su gran voracidad producen graves daños en las hojas, sobre las que se agrupan destruyéndolas en su totalidad, excepto los nervios. También hay que destacar el daño que ocasionan debido al mal olor de los excrementos que se acumulan entre las hojas interiores y hacen que el producto no pueda ser comercializable (Maroto, 1997 citado por Nebreda, 2005).

***Brevicoryne brassicae* L.**

En los cultivos de brócoli pueden observarse a menudo ataques de pulgones, tratándose habitualmente de focos muy concretos. En brócoli la especie

más habitual es un pulgón monófago que ataca exclusivamente a crucíferas, *Brevicoryne brassicae* L. o pulgón harinoso de la col (Blackman y Eastop, 2000). Es de color blanco azulado y muy ceroso, lo cual constituye un impedimento para su erradicación. Sus colonias disminuyen el vigor de la planta, decolorando las hojas centrales (Maroto, 1997 citado por Nebreda, 2005).

Los adultos alados de esta plaga son desplazados fácilmente por el viento y son los responsables de la inmigración inicial y el establecimiento primario de sus poblaciones en los cultivos de crucíferas. En la región de El Bajío, el pulgón de la col se reproduce durante todo el año por partenogénesis, que es una forma de reproducción asexual que da origen al nacimiento de ninfas vivas. Las hembras del pulgón de la col producen 40 ninfas en promedio, siendo 7 el número máximo de ninfas que cada hembra puede producir por día (Bujanos y Marín, 2001).

Pueden ocasionar daños indirectos por ser transmisores de más de 20 virus. En veranos secos y cálidos producen graves daños, provocando pérdidas de cosecha y en la calidad de la misma (Maroto, 1997 citado por Nebreda, 2005).

***Trichoplusia ni* (Hübner)**

Los adultos del falso medidor son palomillas que miden de 3.0 a 3.8 cm con las alas extendidas, tienen las alas anteriores moteadas, de color café, marcadas en el centro con una mancha plateada en forma de un ocho (Bujanos y Marín, 2001).

Los huevecillos son de color blanco cremoso, de forma ovalada, ancha y aplanada y con finas estrías o surcos verticales. Las larvas de esta plaga son de color verde claro, con manchas blancas en el dorso y a lo largo del cuerpo y llegan a medir hasta 3.5 cm de longitud. Las larvas tienen tres pares de falsas patas o patas delgadas cerca de la cabeza y dos pares de patas gruesas en forma de maza, después de la mitad del cuerpo; la parte media del cuerpo carece de patas

y generalmente esta región está doblada o jorobada cuando descansa y durante cada movimiento al desplazarse; de este hábito se deriva su nombre común (Bujanos y Marín, 2001).

Las pupas son de color verde a café, miden aproximadamente 1.9 cm de largo y se envuelven en un cocón delicado de hilos blancos entretejidos y sostenidos por uno de sus lados al envés de las hojas (Bujanos y Marín, 2001).

Los adultos de falso medidor son generalmente de hábitos crepusculares; las hembras ovipositan alrededor de 300 huevecillos individuales en el envés de las hojas bien desarrolladas. La duración del estado de huevecillo es de cuatro a ocho días (Bujanos y Marín, 2001).

Después de la eclosión de los huevecillos, las larvas pequeñas se alimentan del envés de las hojas y, posteriormente, los estadios más avanzados se mueven hacia el centro de las plantas de brócoli. Si el cultivo está en su etapa reproductiva, dañan y contaminan la parte comestible con su presencia y con sus excrementos, por lo que demeritan la calidad del producto. Normalmente las larvas de falso medidor pasan por cinco instares, y duran de 15 a 18 días para completar su desarrollo o aproximadamente 171 unidades calor acumuladas arriba de 12.1 °C (Bujanos y Marín, 2001).

***Plutella xylostella* L.**

También conocida como polilla de las crucíferas. Se trata de una pequeña mariposa de color gris pardo y una línea sinuosa cuyos hábitos son crepusculares y nocturnos. Las larvas tienen un color blanquecino primero y verde claro después. Aunque en las primeras fases estas orugas se alimentan de tejido foliar causando pequeños y numerosos agujeros, en los últimos periodos de gran voracidad atacan los brotes terminales, es decir, el futuro cogollo comestible, siendo

entonces muy importante el daño causado a las plantaciones (Maroto, 1997 citado por Nebreda, 2005).

Las larvas de esta plaga pasan por cuatro instares larvales; por lo general las larvas de primer y segundo instar minan entre las capas cerosas epidermales de las hojas, mientras que las larvas del tercer y cuarto instar se alimentan principalmente por el envés, consumiendo toda la lámina foliar. Los cuatro instares larvales duran de 10 a 24 días, dependiendo de la temperatura, (aproximadamente 178 unidades calor acumuladas arriba de 7.3°C) (Bujanos y Marín, 2001).

Descripción de la Palomilla Dorso de Diamante *Plutella xylostella*

Aspectos generales

Plutella xylostella (L.) es el insecto plaga más destructivo de las brassicáceas en todo el mundo y ha desarrollado resistencia a la mayoría de los insecticidas sintéticos aplicados a campo, haciendo a menudo difícil su control. Un importante recurso para su regulación poblacional es el control biológico natural (Sánchez y Arregui, 2010).

P. xylostella (L.) causa anualmente un costo estimado para su manejo de un billón de dólares (Talekar y Shelton, 1993) en el sur de estados unidos la palomilla dorso de diamantes es uno de los insectos plaga más abundantes y perjudiciales que atacan a los cultivos de crucíferas (Edelson *et al.*, 1993), durante 1997 en california la presencia de la palomilla en la cosecha de brócoli, col y coliflor ocasionó pérdidas por más de seis millones de dólares (Sanchez, 1997; Shelton *et al.*, 2000).

Es originaria del área del mediterráneo, centro de origen de las más importantes especies de plantas de la familia de las crucíferas; esta plaga está presente en todas la partes del mundo donde se cultivan crucíferas y se estima que es la especie cosmopolita más universalmente distribuida del orden Lepidóptera. La palomilla dorso de diamante se alimenta básicamente de plantas de la familia de las crucíferas, entre las que se encuentran los cultivos de col (*B. oleácea* var. *capitata*), coliflor (*B. oleracea* var. *botrytis*), brócoli (*B. oleracea* var. *itálica*), rábano (*Raphanus sativus*), nabo (*B. rapa pekinensis*), col de Bruselas (*B. oleracea* var. *gemminifera*), col china (*B. rapa* var. *pekinensis*), mostaza (*B. juncea*) y colza (*B. napus*) (Talenkar y Shelton, 1993).

En México la plaga más importante de las crucíferas es la palomilla dorso de diamante (Laborde, 1992).

En la India la palomilla dorso de diamante puede reducir hasta un 52 % el rendimiento, y que infestaciones tempranas tiene la mayor repercusión (Chelliah y Srinivasan, 1986) Brunner y Stevens (1986) señalan que en ensayos realizados en malasia se disminuye el rendimiento a la mitad cuando no se aplica una medida de control químico. En Florida las pérdidas en rendimiento pueden ser incluso mayores, ya que el porcentaje del producto comercializable se puede reducir a 2.5 % (Jansson *et al.*, 1997) y hasta 11% (Leibee y Capinera, 1995).

En México durante 1988 se estimaron pérdidas económicas causadas a las empresas procesadoras de 10,200 toneladas y en total se estiman pérdidas directas por el rechazo del producto de cerca de 30 mil millones de pesos. (Bújanos *et al.*, 2000).

Antes de la introducción y uso extensivo de los insecticidas sintéticos a finales de los 40's, la palomilla dorso de diamante se consideraba una plaga de importancia secundaria en las crucíferas. Sin embargo, con el amplio uso de los insecticidas a mediados de los 50's, se eliminaron los principales benéficos naturales. A partir de 1953, la palomilla dorso de diamante fue el primer insecto plaga de los cultivos agrícolas en el mundo que desarrolló resistencia al DDT y ahora en muchos países ha desarrollado resistencia a varios insecticidas sintéticos usados comúnmente en el campo (Talekar y Shelton, 1993).

La palomilla dorso de diamante se reportó por primera vez en México en 1960 en cultivos de col en el valle del yaqui, Sonora. Y en la región del bajío su presencia se registró en 1970 (Marín y Bújanos, 1997). Esta especie adquirió importancia como plaga en México a partir de la década de los 80's cuando se incrementó el uso de insecticidas para el control de plagas en crucíferas (Bautista, 2000). Sin embargo, no es hasta 1987 cuando se convierte en una seria amenaza a tal intensidad que hubo varios campos de pérdida total. Durante estos años se asperjó hasta por 15 ocasiones, usando mezclas múltiples y con baja eficiencia de control (Laborde, 1992).

El control químico ha sido cada vez menos eficiente en zonas donde se realizan frecuentes aspersiones, debido a la habilidad de este insecto, de que bajo fuerte presión de aplicaciones acorta su ciclo de vida, oviposita más copiosamente y aumenta su porcentaje de eclosión (Talekar, 1986; Laborde, 1992). El potencial reproductivo, la alta fecundidad, el número de generaciones, los periodos de cultivo que son todo el año y las aplicaciones frecuentes de insecticidas son factores que influyen en el desarrollo de resistencia (Talekar y Sherton, 1993).

Se tienen reportes de resistencia de la palomilla dorso de diamante a 51 insecticidas en 17 países (Georghiou y Lagunes, 1991).

Una de las razones para que la palomilla dorso de diamante se considera como la plaga más importante de las crucíferas, es su habilidad y rápido desarrollo de resistencia a todos los insecticidas usados para su control (Hill y Foster, 2000). De hecho, a partir de 1993 la palomilla dorso de diamante ha sido el único insecto conocido que ha desarrollado resistencia a las Bt-toxinas en el campo (Shelton *et al.*, 1993; Legaspiel *et al.*, 2000).

Altos niveles de resistencia en el campo de la palomilla dorso de diamante a insecticidas piretroides, organofosforados y carbamatos, han sido reportados en diferentes partes del mundo como en el sur de Texas (Magaro y Edelson, 1990).

Clasificación taxonómica

La palomilla dorso de diamante de acuerdo con Borrór *et al* (1989), está clasificada de la siguiente manera:

Reino: Animal

Phylum: Artrópoda

Clase: Insecta

Orden: Lepidóptera

Suborden: Ditrysia

Superfamilia: Yponomeutoidea

Familia: Plutelidae

Género: *Plutella*

Especie: *xylostella* L.

Ciclo de vida y hábitos

La palomilla dorso de diamante es una plaga que presenta metamorfosis completa; es decir, pasa por los estadios biológicos de huevecillo, larva, pupa y adulto (Bújanos y Marín, 1996).

La hembra oviposita poco más de 200 huevecillos en forma individual, formando pequeños grupos de 2 o 3 en el envés y peciolos de las hojas, en los tallos y floretes (Bújanos y Marín, 1996). Los huevecillos tardan en eclosionar de tres a nueve días dependiendo de la temperatura ambiental (Marín y Bújanos, 1997).

Las larvas pasan por cuatro etapas de desarrollo larval llamadas también instares larvales. Después de la eclosión de los huevecillos, las larvas inician inmediatamente su alimentación en el follaje; por lo general las larvas de primer y

segundo instar minan las capas cerosas epidérmicas de las hojas, consumiendo los tejidos del mesofilo esponjoso. Las de tercer y cuarto instar se alimentan por el envés, consumiendo de toda la lámina foliar, excepto la capa cerosa del haz, creando con esto pequeñas ventanas en las hojas (Bújanos y Marín, 1996).

Las larvas se pueden distinguir con facilidad por su habito nervioso de retorcerse bruscamente o dejar caer a través de un hilo de seda cuando se les molesta (Bautista, 1992). Dependiendo de la temperatura, los cuatro instares larvales duran de 10 a 24 días (Marín y Bújanos, 1997).

Al final del cuarto instar cuando han terminado su periodo de alimentación, inician su estado prepupal (Bújanos y Marín, 1996). Durante el estado de prepupa la larva teje un cocón blanco dentro del cual se transforma en pupa; esta estructura la adhieren firmemente a diferentes partes de la planta (Bújanos *et al.*, 1993). Las pupas tardan entre 5 y 13 días para transformarse en adultos dependiendo de la temperatura (Marín y Bújanos, 1997).

El adulto hiberna debajo de los residuos de cosecha y en el suelo, encontrándose durante todo el año sobre crucíferas cultivadas (Alatorre *et al.*, 1992). Los adultos se alimentan del néctar de las flores y de las gotas de agua que la humedad forma en las hojas (Bújanos *et al.*, 1993).

Las palomillas dorso de diamante realizan vuelos cortos de planta en planta durante el día (Griffin, 19979) siendo más activas al atardecer y en parte de la noche, la mayoría de los adultos emergen durante la mañana y se encuentran listos para copular al atardecer del mismo día. Las hembras necesitan al menos una copula para quedar debidamente fecundada (Bújanos *et al.*, 1993).

El ciclo biológico de la palomilla dorso de diamante dura de 19 a 28 días, la cual pasa por los estadios biológicos de huevecillo, larva, pupa y adulta según el (CESAVEG, 2010); (Figura 6).

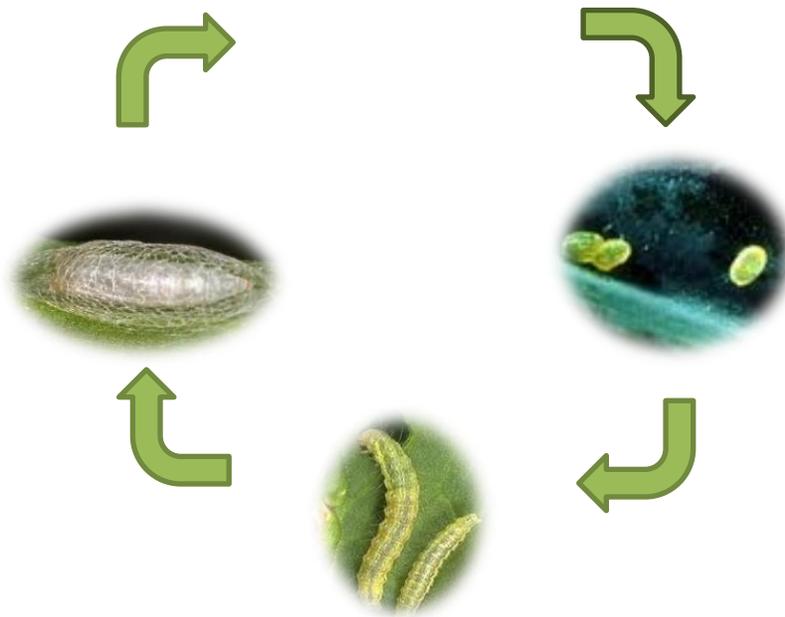


Figura 6. Ciclo biológico de *Plutella xylostella*

El promedio de la duración de los diferentes estados del ciclo biológico de dorso de diamante, calculados en días, se presenta en el cuadro 2; estos datos indican que durante los meses comprendidos entre abril y agosto inclusive, el ciclo biológico se completa en un menor número de días y consecuentemente esto significa mayor número de generaciones en el cultivo (Bújanos *et al.*, 1993).

Cuadro 2: Promedio de la duración del ciclo biológico de la palomilla dorso de *diamante Plutella xylostella* (L) en días.

Estadio biológico	MESES											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Huevecillos	7.9	7.6	5.9	4.6	3.4	4.4	4.5	4.8	5	5.3	7	9.2
Larva 1	5.5	5.3	4.1	3.2	2.8	3	3.2	3.4	4	3.7	4.9	6.4
Larva 2	3.8	3.7	2.8	2.2	1.9	2.1	2.2	2.3	2	2.5	3.7	4.4
Larva 3	4.3	4.1	3.2	2.5	2.1	2.4	2.4	2.6	3	2.9	3.8	5

Larva 4	7.1	6.8	5.3	4.1	3.5	3.9	4	4.3	5	4.7	6.3	8.2
Pupa	11	11	8.3	6.5	5.6	6.2	6.4	6.8	7	7.5	9.9	13
Total de fases inmaduras	40	38	30	23	20	22	23	24	26	27	35	46

El crecimiento, desarrollo y reproducción de la palomilla dorso de diamante está regulado por el calor acumulado en el día, calor que se mide en unidades calor (UC). En el cuadro 2 se muestra el ciclo biológico de la palomilla dorso de diamante y sus requerimientos térmicos por estado biológico, tomando como temperatura base 7.3 °C (Bújanos *et al.*, 1993).

Cuadro 3. Ciclo biológico de la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* (L) en el tiempo fisiológico.

Estado de desarrollo	Unidades calor (arriba de 7.3 °C)
Huevecillos	68.9
Larva	
Primer instar	49.4
Segundo instar	34.6
Tercer instar	37.5
Cuarto instar	56.7
Pupa	93.1
Total de fase inmadura	340.2
Longevidad de adulto	
Hembra	255.5 +- 21.7
Machos	278.4 +- 29.5
Periodo pre-reproductivo	16.5 + - 5.9
Fecundidad	
N°. De huevecillos	224.4 + - 16.9

La palomilla dorso de diamante necesita acumular en promedio 16.5 UC para su periodo de preoviposición, la incubadora de los huevecillos se da a las 60 UC, el desarrollo larvario se completa a las 178 UC y la pupación requiere 23 UC. En total requiere de 340.2 UC (Bújanos *et al.*, 1993).

La palomilla dorso de diamante puede mantener altas densidades de población todo el año en las regiones tropicales y subtropicales donde las condiciones de temperatura fluctúan entre los 15 y 30 °C (Shirai, 2000), y puede observarse hasta 20 generaciones y estar presentes todos los instares de la palomilla al mismo tiempo (Talekar y Shelton, 1993), mientras que en regiones templadas puede completar 3 generaciones anuales (Pacheco, 1994). En Taiwán se presentan de 2 a 3 generaciones durante el ciclo del cultivo y es capaz de completar 18 a 21 generaciones en un año, presentando generaciones traslapadas (Cheng, 1986), y en Hawái se pueden presentar de 12 a 17 generaciones por año (Mau y Gusukuma, 2001).

En México esta plaga se encuentra presente durante todo el año, pero las poblaciones se incrementan de marzo, abril y mayo (Marín y Bújanos, 1997).

Descripción morfológica

El huevecillo es de forma oval sumamente pequeño, mide aproximadamente 0.5 mm. Lo cual lo hace difícil de observar a simple vista cuando está aislado, sin embargo se puede distinguir cuando los ponen en grupos. Presentan una coloración cremosa de forma irregular, ligeramente aplanados ocupados la mayor parte de la superficie para adherirse al sustrato (Figura 7); (Salas, 1999).



Figura 7. Huevecillos de *Plutella xylostella*

La larva puede presentar diferentes colores según sea su alimento; desde verde claro a hasta azulado, con la capsula cefálica más clara y moteado de color oscuro, con finos pelos negros y rectos. Mide alrededor de 1mm en el primer instar y hasta 10 o 12 cuando madura. Se distingue fácilmente debido a que las falsas patas del segmento 10 se prolonga hacia atrás en la parte final del abdomen formando una “V” característica cuando está en reposo (Salas, 1999); (Figura 8).



Figura 8. Larvas de *Plutella Xylostella*

La pupa se encuentra cubierta de un pupario finamente tejido el cual es muy distintivo, mide alrededor de 5 a 6 mm de longitud y presenta un color amarillo claro, amarillo verdoso o verde claro con bandas longitudinales de color café oscuro (Salas, 1999); (Figura 9).



Figura 9. Pupa de *Plutella xylostella*

El adulto es una palomilla pequeña que mide aproximadamente entre 12 y 15 mm de extensión alar y su cuerpo tiene una longitud de 5 a 8 mm. Las hembras son ligeramente más grandes que el macho. El macho presenta sobre su parte dorsal un patrón de coloración blanco cremoso con forma de tres diamantes los cuales se distinguen cuando las alas están plegadas, las alas anteriores de estos tienen pequeños puntos negros en sus márgenes que le dan una coloración café obscura resaltando la figura de los diamantes, de ahí el nombre común (Bújanos *et al.*, 1993). La hembra también presenta este dibujo pero la coloración es café grisáceo. (Salas, 1999); (Figura 10).

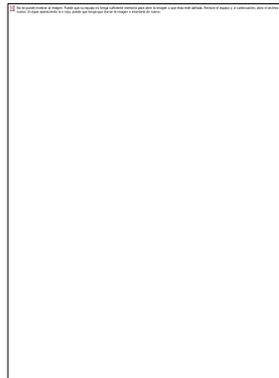


Figura 10. Adulto de *Plutella xylostella*

Métodos de control

Control legal

El establecimiento de vedas es una medida de control dentro del contexto de la estrategia para el manejo integrado de plagas. Específicamente el objetivo es reducir, durante una época del año, las poblaciones de la palomilla dorso de diamante y tener intervalos sin presión de la plaga por el uso de plaguicidas y evitar y/o retrasar el posible desarrollo de resistencia hacia estos productos. Se deberá entregar por época de veda el periodo de tiempo durante el cual no deben existir cultivos de crucíferas en pie, ni sembrarse ni trasplantarse (Bújanos, 2000).

Se señala que una estrategia clave es el establecimiento de un periodo libre de hospedantes de más de tres meses durante los cuales no haya disponibilidad de crucíferas (Edelson, 1999).

Desde 1996 se han diseñado e implementado épocas de veda para los cultivos de crucíferas en los estados de Guanajuato y Querétaro. En esta tarea han participado dependencias federales y estatales del sector agrícola, así como instituciones de investigación y productores agrícolas (Bújanos, 2000).

Control cultural

En los cultivos de crucíferas algunas prácticas culturales tienen como objetivo disminuir las poblaciones de la palomilla dorso de diamante o bien hacer menos propicio su desarrollo. Estos métodos emplean como complemento y ayuda de las otras tácticas de control (Bújanos *et al.*, 1993).

Una de las prácticas que se ha considerado de las más importantes para reducir la emigración de adultos a nuevas plantaciones de brócoli, y col es la eliminación de residuos de la cosecha anterior, inmediatamente después de la

última cosecha. Este método puede realizarse mediante un paso de rastra y en caso necesario dar un segundo paso en forma cruzada, o bien un barbecho para su incorporación total. Cuando no se realiza esta práctica con oportunidad, la soca primeramente constituye una fuente importante de abastecimiento de adultos o cultivos recientemente trasplantados (Bújanos *et al.*, 1993).

Otra de las practicas que tiene su efecto relativo para disminuir las poblaciones de dorso de diamante es la rotación de cultivos con plantas no hospedadas, sobre todo en el cultivo de relevo. La secuencia de cultivos, crucíferas después de crucíferas en el mismo lote, provee un medio adecuado para el incremento de las poblaciones de este insectoplaga (Bújanos *et al.*, 1993).

Control químico

Los insecticidas han resultado ser la herramienta más eficientes y confiables para minimizar el número de insectos plaga, incluyendo la palomilla dorso de diamante en crucíferas (Edelson *et al.*, 1993). La estrategia para el manejo de la palomilla dorso de diamante, se basa en el uso casi exclusivo de insecticidas. La exigencia del mercado de explotación de requerir crucíferas sin presencia de plagas, daños del mismo y con una alta calidad comestible, han indicado el ejemplo de grandes cantidades de plaguicidas para asegurar estos índices de calidad (Bújanos, 2000).

Se señala que la principal acción de la abamectina contra larvas de palomilla dorso de diamante ocurre contra larvas de segundo instar y debido a su actividad translaminar sugieren que pueden actuar contra larvas de primer instar, las cuales actúan como minadores (Bújanos *et al.*, 2000).

Control biológico

Para el control biológico es necesario contar con agentes efectivos. En el mundo se mencionan a más de 90 especies que atacan a la larva o a la pupa (Lim 1986; Jankowska & Wiech, 2006).

El control biológico es uno de los principales componentes del manejo integrado de plagas y es definido como la suma de acciones emprendidas para favorecer la acción de parásito, depredadores y patógenos en el control de insectos plaga e incluye toda una estrategia del manejo racional de insecticidas en donde parte importante son los productos biológicos (Bújanos, 2000).

En México se ha basado en la acción natural de *Diadegma insulare*, parasitoide ampliamente distribuido en América, aunado a su calidad de nativo, en los últimos años se han intentado aumentar las poblaciones de este parasitoide en campo mediante la introducción de individuos. Sin embargo, existen otros enemigos naturales que atacan a la PDD; en el siguiente cuadro se presentan los enemigos naturales utilizados en México para el control biológico de la palomilla dorso de diamante (Arredondo y Perales, 1999).

Cuadro 4. Enemigos naturales

Enemigo natural	Referencia
<i>Cotesia plutellae</i> (Kurdjumov) (Hym.: Braconidae)	Chávez (1991)
<i>Trichogramma pretiosum</i> (Riley) (Hym.: trichogrammatidae)	Toscano (1989)
<i>Trichogramma bractrae</i> (Nagaraja) (Hym.: trichogrammatidae)	Bujanos <i>et al.</i> s/a
<i>Diadegma insulare</i> (Cresson) (Hym.: Ichneumonidae)	Espinoza y Chávez (1989)
<i>Diadegma semiclausum</i> (Hellèn)	Bujanos <i>et al.</i> s/a

(Hym.: Ichneumonidae)	
<i>Bacillus thuringiensis</i> (Berliner)	Díaz <i>et al.</i> (1992)

Patógenos

Entre los organismos patógenos asociados a insectos se encuentran bacterias, hongos, virus, protozoarios y nematodos, principalmente, pero no se han observado enfermedades microbiales en forma natural que causen una importante mortalidad en la palomilla dorso de diamante (Bújanos, 2000).

A principio de los 80's el uso de productos a base de *Bacillus thuringiensis* aumentó drásticamente sobre los cultivos de crucíferas, como una opción desesperada de los productores para el control de la palomilla dorso de diamante debido al desarrollo de resistencia de la palomilla a insecticidas químicos (Gelernter y Trumble, 1999).

En el Bajío el uso de agentes microbianos para el control de dorso de diamante se ha incrementado considerablemente durante los últimos años como consecuencia de la gran efectividad de las formulaciones comerciales de *Bacillus thuringiensis* contra larvas de este insecto plaga (Bújanos, 2000). En la actualidad es un elemento indispensable en los programas de control de plagas en los cultivos de crucíferas de la región. El consumo regional de este bioinsecticida puede estimarse en alrededor de 30 toneladas de producto por año (Salazar, 2000).

En la India aspersiones semanales de dipel 2X (*Bacillus thuringiensis*) de 0.5 kg/ha son efectivas para el control de larvas de lepidópteros en col (Chelliah y Srinivasan, 1986).

Dipel 2X (*Bacillus thuringiensis*) es el bioinsecticida más efectivo para el manejo de lepidópteros plaga en crucíferas cultivadas en el sur de Texas (Edelson *et al.*, 1993).

En la evaluación de la efectividad de varias formulaciones comerciales a base de *Bacillus thuringiensis* en Chapingo, Estado de México, los productos evaluados ofrecieron un control aceptable de larvas de lepidópteros, sin embargo el producto que mostro mayor efectividad fue Javelin aplicando 0.5 kg/ha (Pérez 1993).

Depredadores

Algunas especies de arañas e insectos, incluyendo catarinas (*Hipodamia convergens*), crisopas (*Chysoperla* spp.), mosca sirfide (*Allograpta* sp.) y chinche pirata (*Orius* spp.) se les ha observado depredando huevecillos y los primeros estadios de dorso de diamante, sin embargo, la depredación tiene poca importancia en la reducción de la población de esta plaga (Marín y Bújanos, 1997).

Parasitoides

Hay varios parásitoides que han sido efectivos: *Trichogramma* spp., *Cotesia plutellae* y *Diadegma insulare* (Alam 1986, Bennett and Jasseen 1972, Cruz y Segarra 1990).

Se reportan más de 90 especies parasitoides que atacan a huevecillos, larvas y pupas de la palomilla dorso de diamante en diferentes partes del mundo, los parasitoides de huevecillos son menos comunes pero también llegan a estar presentes (Marín y Bújanos, 1997).

La avispa de *Diadegma insulare* parasita el último instar larval de este hospedero, por lo que emerge de la pupa del mismo. La hembra deposita un solo

huevecillo por hospedero, que se desarrolla en el interior de este, cuando la larva se transforma en pupa, la larva de la avispa reemplaza al cocón hospedero al que utiliza como su pupario (Marín y Bújanos, 1997).

En Norteamérica *Diadegma insulare* es considerada como el más importante parasitoide de larvas de dorso de diamante (Talekar y Shelton, 1993) y su liberación en el campo puede incrementar el control natural sobre la palomilla dorso de diamante con niveles de parasitismo mayores al 90 % (Xu *et al.*, 2001). En el sur de Texas *D. insulare* es el parasitoide más importante y eficiente con un parasitismo promedio de un 20 % y 60 %, alcanzando niveles máximos de cerca del 90 % (Legaspi *et al.*, 2000).

Diadegma insulare es el parasitoide más común de *Plutella xylostella* en América Central. Las hembras parasitan principalmente larvas de segundo o tercer instar. La larva del parasitoide se desarrolla como un endoparasitoide solitario. El surgimiento de la larva del parasitoide es de la prepupa hospedera que ya ha formado capullo. La larva parasitoide termina devorando su hospedero externamente y luego forma su propio capullo, en el cual empupa, dentro del capullo del hospedero (Cave 1995), sin embargo, por experiencia del autor del presente trabajo, observó en sus prácticas profesionales que la larva de *Diadegma insulare* pupaba dentro de la pupa de la palomilla dorso de diamante, llegando en ocasiones a confundirse, diferenciándolas por la forma de sus terminales en pico o en forma de “V” las pupas de Palomilla Dorso de Diamante y terminales aplanadas las pupas de *D. insulare*.

Los adultos se alimentan de néctar y requieren de agua libre (Cave 1995).

En la región del bajío *D. insulare* es la especie más común y más importante en el control de poblaciones de la palomilla dorso de diamante (Marín y Bújanos, 1997). La presencia de este parasitoide se reporta durante todo el año y

su índice de parasitismo fluctúa entre 3 % y 10 %, aún bajo la frecuencia de aplicaciones que se realizan en esta zona (Bújanos, 2000).

La avispa *Trichogramma* spp. Puede depositar uno o más huevecillos en el huevecillo del insecto hospedero, donde se desarrollan uno o más parasitoides, dependiendo del tamaño del hospedero (Marín y Bújanos, 1997).

Las avispas *Diadromas collaris* y *Oomyzu ssokolowskiskis* son los parasitoides más efectivos para pupas de la palomilla dorso de diamante en china (Wang y Lin, 1998; Liuet al, 1999). Martínez (1997) reporta la presencia de *Diadromus collaris* parasitando pupas de dorso de diamante en el estado de Querétaro y este es el primer registro de esta especie en el continente americano.

Descripción del parasitoide *Diadegma insulare*

Sinónimos

Mesoleptusinsularis (Cresson) 1865

Mesostenusinsularis(Cresson) 1865

Horogenesinsularis(Cresson) 1865

Limneriapolynesialis (Cameron) 1883

Campoplexhelluae(Viereck) 1912

Angitiaplutellae(Viereck) 1912

Campoplexpygmaeus (Viereck) 1925

Sagaritiscongregator (Walley) 1926

Descripción

Huevo

Los huevos son semicirculares, cilíndricos y se encuentran solamente en las larvas de *P. xylostella*, la longitud del huevo es de 0.22 mm y de ancho 0.05 mm la etapa de huevo dura 1.6 días (Cerde, 2002).

Larva

Estado larval, al salir la larva del huevo esta es de color transparente, el cuerpo mide 0.67mm de largo y 0.14 mm de ancho la longitud del rabo es de 0.15 mm (Cerde, 2002).

La larva de *D. insulare* es blanca y se puede notar más fácilmente en una serie diseccionado por sus amplios movimientos. Se ve fuertemente segmentada (1/4 de la longitud total de la larva) estrecha "cola" (Hoffmann, 1993).

Pupa

El capullo es cilíndrico, inicialmente el capullo es pálido, pero se torna oscuro, rápidamente la larva del parásito comienza la pre pupa, el cuerpo del parásito se ve encorvado dando una apariencia de saco (Cerda, 2002).

Se ve una diadema blanca transversalmente sobre la pupa y sus extremos son aplanados a diferencia de la pupa de la palomilla dorso de diamante que termina en pico.

D. insulare pupa dentro del capullo hecho por la larva madura de la palomilla. El color negro de la avispa en desarrollo puede ser visto dentro del capullo, en lugar del color de la palomilla (Edward, 1991).

Adulto

La longitud del adulto es de 2 a 3 cm; el tórax y el dorso del abdomen son de color negro, la tégula, el procáncer, el mesotrocáncer y el segundo segmento del metatrocáncer son amarillos, la coxa anterior negro-amarilla, la coxa media negra, los fémures rojos, las tibias posteriores negras con una banda ancha amarilla en la parte media, los terguitos III y IV rojizos lateralmente; la areoleta mas o menos triangular y el propodeo con areola romboide.

Antes de emerger las antenas y las patas de los adultos se tornan oscuras. El cuerpo del adulto es negro tiene antenas largas, las alas delanteras son transparentes, tienen un estigma negro largo a lo largo del margen anterior. Las hembras tienen un ovipositor grande, y es de mayor tamaño que el macho, la extensión del cuerpo es 6.82mm y 6.05mm respectivamente para hembra y macho, el cuerpo de la hembra es 0.9mm de ancho y el del macho 0,87mm de ancho (Cerda, 2002).

Ciclo de vida

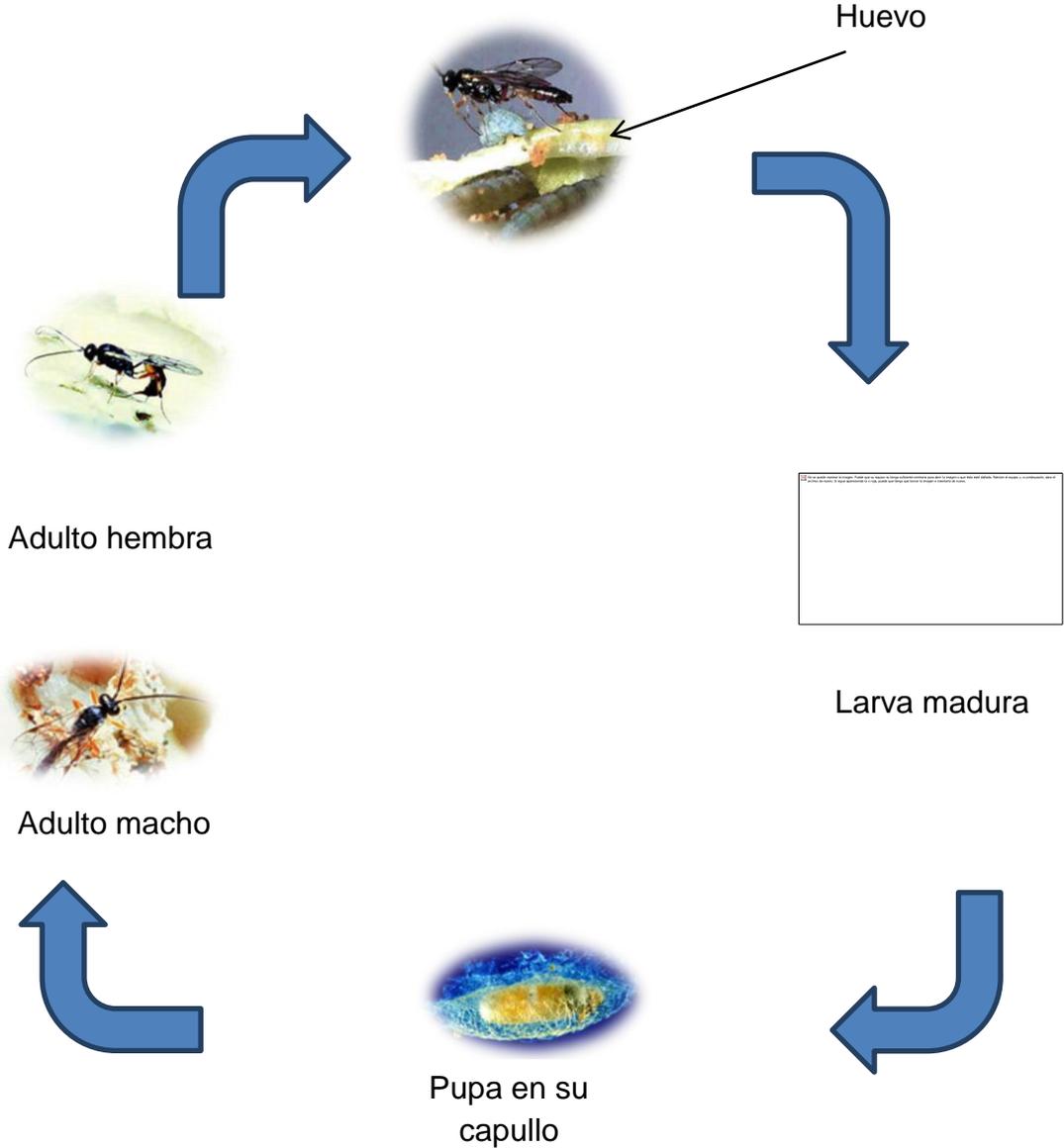


Figura 11. Ciclo de vida de *Diadegma insulare*

El tiempo de desarrollo desde huevo hasta adulto es de aproximadamente 16 días a una temperatura de 19 a 22 °C (Ochoa *et al.* 1989 citado por Arredondo, 1999); así mismo, y cuantificando en unidades calor, el tiempo de desarrollo es de 282 Grados Día (6.6 °C UTI) (Bolter y Laing, 1983 citado por Arredondo, 1999).

El ciclo de vida de *D. insulare*, en Turrialba, Costa Rica, en condiciones de laboratorio con temperaturas de 19 – 22°C duró un promedio de 16.34 días, existiendo una aparente sincronía entre este y el de *P. xylostella* (Carballo y Ochoa, 1989).

En la literatura se presentan variaciones entre la duración del ciclo de vida de distintas especies del género *Diadegma* y, así también variaciones con respecto a la temperatura. El ciclo de vida de *Diadegma fenestralis* es de 47 – 48 días a 10.8°C y de 12 días a 24.7°C (Kopvillen, 196; Pimentel, 1961 y Ooi, 1980 citados por Carballo y Ochoa, 1989).

Diadegma eucerophaga, dura de 1.5 a 2 días en estado de huevo, cinco a ocho días en estado larval y de pupa a adulto entre seis y nueve días, con una duración total del ciclo de vida de 12.5 a 19 días (Kopvillen, 196; Pimentel, 1961 y Ooi, 1980 citados por Carballo y Ochoa, 1989).

Por experiencia del presente autor cabe señalar que la variación de los días del desarrollo del ciclo de vida de *D. insulare*, está en función de las temperaturas en las cuales se desarrolla, ya que a mayor temperatura más corto es su ciclo de vida.

El promedio de vida de *D. insulare* cuando se alimenta con miel de abeja, es de 16.9 días para la hembra y 10.4 días para el macho. Los adultos alimentados con agua, sobreviven un promedio de 2.77 días (Carballo y Ochoa, 1989).

Por experiencia del mismo autor en condiciones de laboratorio la longevidad de *D. insulare* puede alcanzar hasta los 12 días con alimento y 4 días sin alimento.

Biología

La hembra oviposita preferiblemente en larvas de segundo y tercer instar, esta continúa viva durante el desarrollo del parasitoide hasta alcanzar el estado de prepupa; la larva de *D. insulare* del tercer instar emerge de la prepupa y empieza a consumir a su huésped, por lo que en este estado de desarrollo actúa como un ectoparasitoide. La pupación se realiza en la superficie de la hoja a una distancia considerable del huésped. La dieta del adulto es a base de néctar y agua. La capacidad reproductora en las especies endoparasíticas es particularmente alta; a los 23 °C las hembra de *D. insulare* tiene la capacidad de producir hasta 814 huevecillos durante su vida adulta (Bolter y Laing, 1983 citado por Arredondo, 1999).

Se alimenta de néctar y polen y tiene un ciclo de vida entre 25-35 días según las condiciones ambientales. Cada avispa produce hasta 800 huevos por hembra cuando dispone de suficientes hospederos (pupas de *Plutella xylostella*). La hembra adulta puede producir huevos durante todo su ciclo de vida y comienza a ovopositar a las 24 horas después de emerger (Idris y Grafius 1996).

Cuando localizan un huésped adecuado, la hembra flexiona su abdomen y oviposita un huevo en cada larva de la polilla. *D. insulare* no paraliza a su huésped. Luego de 10 0 15 días, la larva del parasitoide emerge del capullo del hospedero y forma su propio capullo dentro de la polilla. Se producen de 4 a 6 generaciones por año, que corresponde al número de generaciones de *P. xylostella* (Nicholls, 2008).

Taxonomía

Diadegma insulare es una avispa del orden Hymenoptera, de la familia Ichneumonidae.

Phylum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Hymenoptera

Suborden: Apocrita

Superfamilia: Ichneumonoidea

Familia: Ichneumonidae

Género: *Diadegma*

Especie: *insulare*

(USDA, s/a)

Hábitos

Diadegma insulare es el parasitoide más común de *Plutella xylostella* en América Central (Cave, 1995 citados por Garay y Rueda, 2007). En Norteamérica *D. insulare* es considerada como el más importante parasitoide de larvas de dorso de diamante (Talekar y Shelton, 1993) y su liberación en el campo puede incrementar el control natural sobre la palomilla dorso de diamante con niveles de parasitismo mayores al 90 % (Xu *et al.*, 2001).

Las hembras de *D. insulare* parasitan principalmente larvas de segundo o tercer instar. La larva del parasitoide se desarrolla como un endoparasitoide solitario larva-pupa y el surgimiento de la larva es de la prepupa hospedera que ya ha formado el capullo. La larva termina devorando su hospedero externamente y luego forma su propio capullo, en el cual pupa, todo esto dentro del capullo del

hospedero. Los adultos se alimentan de néctar y requieren de agua libre (Cave, 1995 citados por Garay y Rueda, 2007).

Sin embargo, por experiencia del autor del presente trabajo, observó en sus prácticas profesionales que la larva de *Diadegma insulare* pupaba dentro de la pupa de la palomilla dorso de diamante, llegando en ocasiones a confundirse, diferenciándolas por la forma de sus terminales en pico o en forma de “V” las pupas de Palomilla Dorso de Diamante y terminales aplanadas las pupas de *D. insulare*.

La avispa de *D. insulare* parasita el último instar larval de este hospedero, por lo que emerge de la pupa del mismo. La hembra deposita un solo huevecillo por hospedero, lo cual lo hace un parasito solitario que se desarrolla en el interior de este, cuando la larva se transforma en pupa, la larva de la avispa reemplaza al cócón del hospedero al que utiliza como su pupario (Marín y Bújanos, 1997).

Origen

D. insulare es el parasitoide nativo más común de larvas de *P. xylostella* en América (Bolter y Laing 1983, Biever *et al.* 1992, Cordero y Cave 1990 citado por Arredondo, 1999).

D. insulare (Hymenoptera: Ichneumonidae). Parasitoide de lepidópteros nativo de Estados Unidos (Nicholls, 2008).

Características

Diadegma insulare Cress es un endoparasitoide larva-pupa solitario obligado que ataca larvas de Palomilla Dorso de Diamante (PDD), preferiblemente

de segundo y tercer estadio, emergiendo de la prepupa. El ciclo de vida de este parasitoide es de 16 días en promedio (Ochoa, Carballo y Quezada, 1989 citados por Agosto, 1995).

Ha sido reportada en muchos países parasitando (PDD) en crucíferas (Cordero, 1990 citado por Agosto, 1995).

Las hembras del parasitoide copulan inmediatamente después de emerger de la pupa y buscan entre las hojas de repollo larvas jóvenes de *Plutella xylostella* del segundo y tercer estadio, en las que ponen un solo huevo. Las larvas parasitadas continúan alimentándose hasta completar su desarrollo larval. Las larvas del parasitoide se alimentan de los tejidos internos del huésped y dentro de esta completa su ciclo de vida. Al final del ciclo, las larvas de PDD tejen su capullo pero dentro de éste, el parasitoide teje su propio cocón, el cual es fácilmente distinguible de la pupa de *Plutella xylostella* parasitada (CATIE citado por Agosto, 1995) por tener sus extremos redondeados (Kopvillen, 1961; Pimentel, 1961; Putnam, 1968 y 1973 citados por Carballo y Ochoa, 1989).

Es una avispa pequeña de 6 mm de longitud, con pata y abdomen color café-rojizo. Pupa dentro del capullo hecho por la palomilla dorso de diamante, reemplaza la pupa del hospedero y la cubre con su propio capullo, que se distingue por una banda blanca. Las avispas de *D insulare* son visibles en el interior del capullo como cuerpos oscuros antes de la emergencia. Los adultos pueden verse volando entre los follajes de los cultivos de la familia *Brassicaceae*. Este parasitoide pasa el invierno en los restos de los cultivos en el estado de pupa dentro del capullo del hospedero. Luego de la emergencia, de inmediato ocurre el apareamiento. Las hembras utilizan sus antenas para buscar a las larvas del hospedero; prefieren las de tamaño mediano (Nicholls, 2008).

Distribución mundial

D. insulare se encuentra ampliamente distribuida en el continente Americano y es el parasitoide más común de *Plutella xylostella* en América Central (Cave 1995).

D. insulare es el parasitoide más común de *P. xylostela* en América Central, se encuentra distribuida en América Central, Sur América, El Caribe y parte de Norte América, las hembras parasitan preferentemente las larvas del segundo o tercer instar (Cerde,2002).

D. insulare se encuentra en los Estados Unidos y América del Sur: New Hampshire al oeste hasta el sur de la Columbia Británica, en el sur de Florida, Texas y California, Hawaii, las Antillas, México y al sur de Venezuela (Hoffmann, 1993).

Distribución en México

En la región del bajo *Diadegma insulare* es la especie más común y más importante en el control de poblaciones de la palomilla dorso de diamante (Marín y Bújanos, 1997). La presencia de este parasitoide se reporta durante todo el año y su índice de parasitismo fluctúa entre 3 % y 10 %, aún bajo la frecuencia de aplicaciones que se realizan en esta zona (Bújanos, 2000).

D. insulare está ahí en el campo de manera natural y sus poblaciones no expresan su efectividad controlando *Plutella xylostella* porque los plaguicidas que normalmente utiliza el productor son mortales para esta pequeña avispa. La primera aplicación de plaguicida de contacto se realiza cuando el parasitoide apenas intenta establecerse, entonces es lógico que la población no tenga oportunidad de hacer su trabajo de parasitismo, (Pilarte., et al 2005).

Importancia de *Diadegma insulare*

Su importancia radica en que es el parasitoide más importante de la Palomilla Dorso de Diamante en América del Norte y Canadá. Se trata de una pequeña avispa que ataca larvas de tamaño mediano (segundo y tercer instar) (Edward, 1991).

Una característica importante de *D. insulare*, que lo sitúa como un buen agente de control biológico, es el hecho de que la hembra tiene la capacidad de reconocer huéspedes parasitados por hembras de la misma especie así como huéspedes parasitados por hembras de otras especies, por lo que son capaces de evitar el super y multiparasitismo (Bolter y Laing, 1983 citado por Arredondo, 1999).

En mayo y noviembre del 2004 se alcanzó el 100% de parasitismo con densidades de 0.4 y 0.9 larvas por planta, y 36.8% de parasitismo con densidades de 6.8 larvas por planta, (Salazar 2001).

Por experiencia del autor, cabe hacer mención que hay una relación directamente proporcional entre la densidad del parasitoide y el porcentaje de parasitismo.

Antecedentes de *Diadegma insulare* como parasitoide

Varias especies del género *Diadegma*, están registradas como el parasitoide más importante de *Plutella xylostella*. *D. insulare*, se ha registrado en Norte América, *D. eucerothaga* en Europa, de donde fue introducida a Nueva Zelandia y *D. fenestralis*, en Rusia, Europa, Asia Central y el Norte de la India (Harcourt, 1960; Kopvillen, 1961; Pimentel, 1961; Bennet y Yaseen 1972; Bolter y Laing, 1983; Ooi, 1980 citados por Carballo y Ochoa, 1989).

En estudios realizados en Costa Rica en las zonas repolleras Zarcero, de la provincia de Alajuela, Santa Cruz y Pacayas de la provincia de Cartago, se logró determinar un porcentaje natural de parasitismo de 7.62, 16.07 y 16.03 % respectivamente. La menor incidencia de parasitismo en Zarcero, podría estar relacionada por el mayor uso de plaguicidas (CATIE citado por Agosto, 1995).

En el sur de Texas *D. insulare* es el parasitoide más importante y eficiente con un parasitismo promedio de un 20 % y 60 %, alcanzando niveles máximos de cerca del 90 % (Legaspiet *al.*, 2000).

En Honduras, en las localidades de el Zamorano y Tatumbla, se evaluó el nivel y la variación del parasitismo por *D. insulare*, evaluando tres tratamientos para el control de PDD. Los tratamientos que se evaluaron fueron:

- Manejo del agricultor con insecticidas químicos (organofosforados, piretroides, carbamatos).
- Aplicaciones de *Bacillus thuringiensis*
- Sin aplicaciones de insecticidas.

En El Zamorano se encontraron variaciones en los niveles de parasitismo de 12 a 36% para el tratamiento convencional, de 11 a 36% para el uso de *B. thuringiensis* y de 18 a 47% para el tratamiento sin aplicación de químicos.

En Tatumbla los niveles de parasitismo tuvieron variaciones de 9 a 22%, para el tratamiento convencional, de 18 a 26% para el uso de *B. thuringiensis* y de 23 a 32% para el tratamiento sin aplicación de químicos (Cordero, 1990 citado por Agosto, 1995).

Desde hace varios años se ha demostrado la eficiencia del parasitismo natural de *D. insulare* sobre PDD en crucíferas en la región del bajío en México; a partir de 1969, se tienen registros del parasitismo natural de *D. insulare* en

diversas localidades de Guanajuato; en ese año se registro un parasitismo del 69%. En 1988 y 1990 el parasitismo natural de larvas de la PDD fue evaluado, siendo *D. insulare* el parasitoide más común, con un parasitismo que varió del 30 y 32% en brócoli, mientras que en coliflor el promedio registrado fue de 57 y 62% (Bujanos, s/a). En estudios realizados por Biever *et al.* (1992) en el Noreste de Estados Unidos, reporta a *D. insulare* como el parasitoide más común con parasitismo que alcanzan el 100% (Arredondo y Perales, 1999).

D. insulare es el parasitoide más eficiente de *P. xylostela* en Estados Unidos y Canadá (Nicholls, 2008).

En 1997-98, se iniciaron estudios preliminares de los enemigos naturales de las plagas del repollo, encontrando el principal parasitoide *D. insulare*, pero en porcentaje de 40% de parasitismo natural, los cuales no son muy eficientes para el manejo de palomilla, desde entonces se inician esfuerzos para establecer una cría de parasitoide en fincas de los productores. Estas acciones se conocen como control biológico de plagas en cultivos (Miranda).

Cría del parasitoide en laboratorio

Resultados obtenidos muestran que la reproducción de *Diadegma insulare* en condiciones de laboratorio, se logró obtener resultados satisfactorios ya que se tiene una producción total de 22,136 larvas de *Plutella*, de las cuales 18,622 fueron parasitadas, para un promedio de parasitismo de 79.36% (Miranda, s/a).

Y por experiencia del autor, la producción del hospedero en laboratorio con dieta artificial es un proyecto que, promete muchos beneficios que van desde mejorar la producción, sistematizarla, homogenizarla y ahorrar tiempo y esfuerzos.

Metodología para la Cría del parasitoide en invernadero

D. insulare puede ser criado en cautiverio, pero la cría en masa presenta muchos desafíos. Por ejemplo, las avispas raramente parasitan larvas que se crían en la dieta artificial. Por lo tanto, las larvas tienen que ser presentados a las avispas mientras se alimenta de las crucíferas (Hoffmann, 1993).

Estos parasitoides son criados en jaulas de 50 x 50 x 50 cm, con fondo de madera o de material sólido y forrado con malla de nailon fino. En cada pata de la jaula se coloca un recipiente con agua para evitar la entrada de hormigas, ácaros u otros organismos (Miranda, s/a).

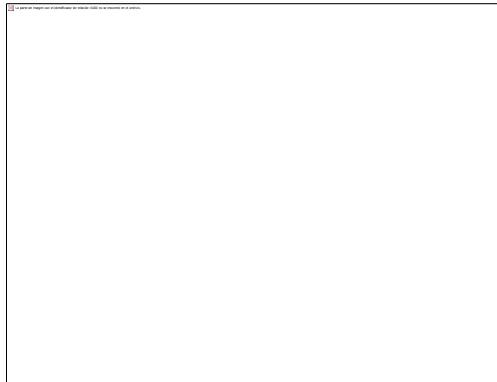


Figura 12. Jaula con fondo de madera y forrada con malla de nailon.

En una planta de repollo bien formada se colocan cintas de oviposición en las hojas más jóvenes. En cada planta se depositan entre 300 y 500 huevos de *P. xylostella* (Miranda, s/a).

Sembrar plantas de repollo en macetas de arcilla o barro, 60 días antes de la llegada de los parasitoides (Miranda, s/a).

En una jaula similar a la descrita, se colocan entre 200-300 pupas del parasitoide *Diadegma insulare*. En la jaula también se introducen cajas Petri con algodón humedecido en una solución de miel de abeja al 10% o de azúcar (65 g

de sacarosa en 500 ml de agua). Se recomienda la solución de miel porque los parasitoides responden mejor a esta dieta, la cual debe cambiarse cada 48 horas. Además, en la jaula se coloca un frasco con capacidad de 50 ml conteniendo agua y una cinta absorbente que permite que el agua suba y los insectos puedan tomarla, lo cual ayuda a la copulación. *D. insulare* desarrolla su ciclo de vida a temperaturas de 18°C-20°C (Miranda, s/a).

Cuando el 80% de los parasitoides han emergido, se introduce a la jaula la planta de repollo con las larvas en estado óptimo (300-500 larvas en L2). La parte superior de la maceta donde está sembrada la planta se cubre con papel aluminio para evitar el contacto de las larvas con la tierra.. En el fondo de la jaula se colocan hojas de repollo para que las larvas se refugien en éstas cuando tratan de escapar del ataque de los parasitoides. Además, éstos son capaces de localizarlas en estas hojas. La planta con larvas se cambia cada 48 horas (Miranda, s/a).

La puerta de la jaula se cubre con una tela negra para evitar que los parasitoides se escapen cuando la jaula se abre para reemplazar la planta, el agua o la solución de dieta (Miranda, s/a).

Las plantas de repollo con larvas cuando son reemplazadas se colocan en otra jaula donde las larvas completarán su desarrollo. Las larvas que se encuentran en las hojas ubicadas en el piso de la jaula también se recolectan, así como las que están disgregadas por la jaula. Durante su proceso de desarrollo, y hasta que se convierten en pupa, las larvas se alimentan del follaje de repollo, el cual debe estar siempre disponible. Al cambiar las plantas, se cortan las hojas que tienen larvas y se colocan sobre la nueva planta (Miranda, s/a).

Al retirar las larvas parasitadas de la jaula, se levanta la tela negra y se saca la maceta cuidadosamente, evitando que los parasitoides no se escapen. Después se limpia el piso de la jaula y se retiran los parasitoides muertos, para evitar cualquier disturbio en su hábitat (Miranda, s/a).

Cosecha de *D. Insulare*

La cosecha se realiza semi manual con ayuda de una aspiradora que va depositando los insectos en mallas de tela, posteriormente los insectos colectados se llevan a un cuarto oscuro en donde hay una vitrina y detrás de esta vitrina unos focos que emiten luz la cual atrae a los insectos. Se sueltan los insectos en el cuarto oscuro y los insectos se dirigen a la vitrina en donde ya pueden ser empaquetados o guardados en frascos.

Liberaciones

La cantidad de parasitoides a liberar varía de acuerdo a la densidad de población de la plaga, sin embargo se recomienda liberar entre 500 a 800 adultos por hectárea. Las liberaciones se realizan durante la mañana y deben hacerse cuando coincidan con el estado del huésped susceptible al ataque del parasitoide.

Los parasitoides a liberar deben ser llevados a campo en los mismos recipientes en que fueron adquiridos y deben mantenerse a baja temperatura durante su traslado al sitio de liberación. La liberación de los parasitoides se efectúa en forma manual, para ello se realiza un recorrido diagonal en dirección del viento a través del cultivo, esparciendo sobre las plantas los agentes de control biológico.

Alimentación de *D. insulare*

Las hembras de *D. insulare* requieren fuentes de néctar. El tener una fuente de néctar puede aumentar la longevidad de *D. insulare*, de 2-5 días más, el número de larvas parasitadas también aumenta de cero a más de 150 por hembra esto último con una fuente de néctar óptima. Una serie de flores silvestres pueden

servir como fuentes de néctar para *D. insulare*, incluyendo plantas de la familia del repollo. Las mejores fuentes de néctar son flores con corolas anchas, donde *D. insulare* puede llegar fácilmente al néctar (Biological control, 2013).

En algunos casos, el parasitismo en campo supera el 90% sin embargo, en muchos otros el éxito del control biológico ha sido reducido por no tener en cuenta los requerimientos alimenticios del parasitoide (Wratten et al. 2003; Muckenfuss *et al* 1990). Entender la importancia de las flores como fuente de alimento para *D. insulare* es muy importante para aumentar su eficiencia como control biológico de *P. xylostella*.

La alimentación con azúcares es determinante para la supervivencia, fecundidad, y eficiencia de los parasitoides adultos (Godfray 1993). Un adecuado abastecimiento de azúcares en la dieta puede producir un efecto positivo en la tasa de maduración de huevos y aumentar el periodo reproductivo de las hembras (Idris 1995). La escasez de fuentes de azúcar puede reducir la actividad de búsqueda ya sea por una reducción general de la actividad del insecto o por un incremento en el tiempo utilizado en la búsqueda de alimento (Wackers 1994).

Lewis *et al.* (1998) encontraron que las hembras en ayuno son menos eficientes buscando y parasitando hospederos que las hembras bien alimentadas.

Estos resultados y los de Wackers (2004) sugieren que proporcionar alimento a parasitoides adultos en el campo (como glucosa y proteínas) puede aumentar su eficiencia como controladores biológicos.

Según experiencia del autor en campo, es recomendable el uso de jardines florales, dentro y fuera de la parcela de cultivo para aumentar la eficiencia del insecto benéfico, ya que los jardines florales sirven de alimento y refugio a los parasitoides.

Condiciones de desarrollo

Se considera que los rangos óptimos para el desarrollo del parasitoide *D. insulare* de zonas altas van desde 700 hasta 1400 msnm. Este parasitoide se desarrolla eficientemente según (Talekar, N.S. y Lim 1998) a rangos de temperatura que oscilan de 15 °C hasta 25 °C y no hace un eficiente control de la palomilla del repollo cuando la temperatura se mantiene mayor a 27 °C durante dos semanas consecutivas (Miranda, s/a).

Programas exitosos en el mundo

El gusano del repollo, *P. xylostella* (Lepidóptera; Plutellydae) es una plaga de importancia en el Caribe con varios enemigos naturales. En Puerto Rico *Diadegma insulare* ha parasitado hasta un 90% a este insecto cuando se protege de los plaguicidas. Una limitación en el control biológico de este insecto es su bajo umbral económico. Sin embargo, se ha encontrado que la fecha de siembra, el uso de insecticidas selectivos y la introducción de los enemigos naturales efectivos, donde no estén presentes, ayudarán a reducir las poblaciones de este insecto (Melgar, 2011).

Buen manejo de *Diadegma insulare*

No aplicar insecticidas al momento de la liberación ya que *D. insulare* es muy sensible a los insecticidas (Edward, 1991).

D. insulare es muy sensible a los insecticidas. Los adultos pueden morir al contacto con un depósito de insecticida. Las larvas mueren dentro del huésped, si la larva huésped muere por un insecticida, incluso por *Bacillus thuringiensis* (Bt). Las pupas de *D. insulare* pueden evitar parcialmente la exposición a insecticidas,

ya que sus pupas están protegidas de los insecticidas en el interior del capullo de la polilla dorso de diamante (Edward, 1991).

Un aspecto importante a considerar en el control biológico de la PDD es no depender exclusivamente de un solo agente de control biológico; a nivel mundial, los parasitoides de la PDD se han utilizado principalmente en conjunto con bioinsecticidas a base de *B. thuringiensis* (García 1991, Idris y Grafius, 1993).

En el caso de *D. insulare*, se ha demostrado que no es afectado por las aplicaciones de *B. thuringiensis*, por lo que también es factible el uso simultáneo de ambos; al respecto Muckenfuss y Shepard (1994), mencionan que una ventaja adicional al usar en forma conjunta estos agentes de control biológico, es el hecho de que se le permite actuar al resto de los enemigos naturales nativos de la PDD, incluso los mismos autores reportan que al implementar dicho programa de control biológico, fue posible mantener el nivel de población de la plaga en menos de una larva por planta.

CONCLUSIONES

Diadegma insulare es un parasitoide específico de larvas de Palomilla Dorso de Diamante *P. xylostella* y que ha sido usado como un agente de control biológico en distintos países de Sudamérica y Norteamérica presentando porcentajes de parasitismo hasta del 95%, lo cual va a depender de la densidad del parasitoide sobre las larvas, ya que pruebas realizadas en el Rancho Medio Kilo, Aguascalientes, nos indican que el porcentaje de parasitismo va aumentando conforme aumenta la densidad del parasitoide sobre las larvas.

Con lo anterior podemos concluir que *Diadegma insulare* es una alternativa de solución para el manejo de Palomillas Dorso de Diamante, y será efectivo siempre y cuando se libere en las dosis correctas, a la hora correcta y se les ofrezca alimento y refugio en campo.

Los jardines florales aumentan la eficiencia de los insectos benéficos ya que les ofrece alimento y refugio.

Otro aspecto a considerar es el hecho de que el control biológico y el uso de *D. insulare* es preventivo, ya que la capacidad de consumo de las larvas parasitadas y las no parasitadas es prácticamente similar, disminuyendo ligeramente la capacidad de consumo de las larvas parasitadas, por lo tanto no se puede esperar la detención total de daño por larvas al momento de liberar insectos benéficos, los benéficos se harán notar el ciclo siguiente, al verse disminuida la población de adultos.

D. insulare debe considerarse y/o incluirse a Programas de Manejo Integrado de Palomillas Dorso de Diamante.

BIBLIOGRAFÍA

- Agosto, V., V. Y. 1995. Determinación del efecto de seis programas de insecticidas biológicos y químicos en el control de *Plutellaxylostella*L. en el cultivo de brócoli (*Brassicaoleraceavaritálica*). Tesis de licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Anónimo, 2011. Monografía del cultivo de brócoli. Monografía informativa. Subsecretaria de fomentos a los agronegocios. SAGARPA. México. 11 Paginas.
- Arredondo, B., H. C. y Perales, G., M. A. 1999. *Diadegmainsulare*(Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae). Dirección general de sanidad vegetal. Fichatécnica CB 19.
- Brunner, E. and Stevens, F., E. 1986. The control of diamondback moth with Thuricide. In: Talekar, N.S. and T.D. Griggs (Eds.) Proceedings of the First International Workshop on Diamondback Moth Management. AVRDC. Shanhua, Taiwan.
- Bújanos, M.R. 2000. Manejo integrado de plagas en crucíferas. En: Bautista, M., N.; Suarez, A., D. V. TEMAS Selectos en Fitosanidad y Producción de Hortalizas. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México.
- Bujanos, M., R. y Marín, J., A. 2001. Insectos plaga de brócoli y coliflor y sus enemigos naturales en la región del bajo, México. Publicación especial número 2. INIFAP.
- Carballo, M.; Ochoa, R. y Quezada, J. R. 1989. Algunos aspectos de la biología y comportamiento de *PlutellaXylostella*(Lepidoptera: Plutellidae) y de su

parasitoide *Diadegmainsulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae). Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) N° 11 p. 21-30.

Cave, R. 1995. Manual para el reconocimiento de parasitoides de plagas agrícolas en América Central. Zamorano, Honduras. Zamorano Academic Press. 202 p.

Chellina, S. and Srinivasan, K. 1986 Bioecology and management of diamondback moth in India, en: Taleker N.S. and T.D. Griggs. (eds.) Proceedings of the First International Workshop on Diamondback Moth Management .AVRDC. Shanhua, Taiwan.

Edelson, J., V; Magaro, J., J. y Browning, H. 1993. Control of insect pests on broccoli in southern Texas: A comparison between synthetic organic insecticides and bioratinal treatments. JournalEntomology.

Edward, J., G. Biología de *Diadegma insulares* (cresson) y revisión de las especies venezolanas del género diadegma foerster (hymenoptera: ichneumonidae) Universidad del Estado de Michigan. Tutor: Jorge Terán. 1991. Tesis (Doctorado - Entomología).

Garay, E. y Rueda, A. 2007. Comparación Agroeconómica de dos Sistemas de Manejo de *Plutellaxylostella*(L.) en Repolloen Estelí, Nicaragua. Escuela Agrícola Panamericana, P.O. Box 93, Zamorano, Honduras.Ceiba, 2007. Volumen 48(1-2):83-87

- Jankowska, B. y Wiech, K. 2006. The composition and role of parasitoids in reducing population densities of diamondback moth *Plutella maculipennis* L. on different cabbage vegetables. *Journal of Plant Protection Research*, 46: 275-284.
- Jansson, R., K.; Peterson, R., F.; Moorkerjee, P., K.; Halliday, W., R.; Argentine, J., A. and Dybas, R., A. 1997. Development of a novel soluble granule formulation of emamectina benzoate for control of lepidopteros pest. Florida.
- Jaramillo, N., J. E. y Díaz, D., C. A. 2006. Agronomía. En: El Cultivo de las Crucíferas, Brócoli, Coliflor, Repollo, Col China. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Centro de Investigación La Selva, Rio Negro, Antioquia, Colombia. Manual Técnico 20. 176 páginas.
Disponible en:
<http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/WebBac/Documentos/ELCULTIVO CRUCIFERAS.pdf> [consulta: 01 de marzo de 2013].
- Laborde, C., J.A. 1992. La palomilla dorso de diamante en el Bajío: control mediante un programa integral regional en: Anaya, R., N. y Bautista, M. Manejo fitosanitario de las hortalizas en México. CP, Chapingo, México.
- Leibee, G., L. and Capinera, J., L. 1995. Pesticide resistance in Florida insects limits management options. *Florida Entomology*.
- Lim, G., S. 1986. Biological control of diamondback moth. In: Talekar, N.S. & Griggs, T.D. (eds) The management of diamondback moth and other crucifer pests. Proceedings of the First International Workshop. 159-171. Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhou, Taiwan.

Londoño, Z., M. E. 2006. Manejo Integrado de Plagas. En: El Cultivo de las Crucíferas, Brócoli, Coliflor, Repollo, Col China. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Centro de Investigación La Selva, Rio Negro, Antioquia, Colombia. Manual Técnico 20. 176 páginas.

Disponible en:

<http://www.corpoica.org.co/SitioWeb//WebBac/Documentos/ELCULTIVOOCRUCIFERAS.pdf> [consulta: 01 de marzo de 2013].

Luna, R., J. J.; Manzano, F., D. E. y Moreno, R., O. 2005. Reacción de variedades de coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis* L.) y brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica* L.) a *PhomaLingam*. Revista Mexicana de Fitopatología, vol. 23, número 002. Sociedad Mexicana de Fitopatología, A. C. Ciudad Obregón, México. Pp. 206-210.

Magfor. 1998. Agricultura-Desarrollo. El repollo nacional, él más barato de Centroamérica. Revista No. 44. Noviembre – Diciembre. 20 p.

Melgar, C., M. Control Biológico con Depredadores y Parasitoides. Copyright © 2011 ilustrados.com, monografias, tesis, bibliografias, educación.

Disponible en:

<http://www.ilustrados.com/tema/9146/Control-Biologico-DepredadoresParasitoides.html> [Consulta: 18 de abril de 2013].

Miranda, F. 1998. Mass rearing of diamondback moth and its parasites. Taiwan, Asian Vegetable Research and Development Center. ROC.24 p.

Miranda, O., F. s/a. Manejo Ecológico de las Plagas Insectiles con pequeños productores de Hortalizas en las Comunidades de La Almaciguera, La Tejera y La Laguna en el Departamento de Estelí. Asociación para la

investigación del desarrollo sostenible de “Las Segovias”. N°RUC: 041295-9574. N° Perpetuo: 616.

Nebreda, H., M. 2005. Dinámica poblacional de insectos homópteros en cultivos de lechuga y brócoli, identificación de parasitoides asociados y evaluación de alternativas físicas de control. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid. Madrid. Pp. 11-17.

SAGARPA. 2000. Guía de Plaguicidas Autorizados de Uso Agrícola. Dirección General de Sanidad Vegetal. 504 páginas.

SAGARPA., 2011. Monografía del cultivo de brócoli. Monografía informativa. Subsecretaría de fomentos a los agronegocios. SAGARPA. México. 11 Páginas.

Sánchez y Arregui, C. 2010. Incidencia de algunos factores naturales de mortalidad de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), en el área centro este de Santa Fe, Argentina.

Talekar, N., S.; Yang, M., Y. y Ong, P., C. 1990. Use of parasitoids to control the Diamondback moth, *Plutella xylostella*. In the use of natural enemies to control. Agricultural pest. O. Mochida; K. Kiritani (ed.), Taipei, Taiwan, Food Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region. p. 106-114.

Talekar, N., S. and Shelton, A., M. 1993. Biology ecology and management of the diamondback moth. Annus. Rev. entomol. 38.

Tamayo, V., A. 2006. Suelos y fertilización. En: El Cultivo de las Crucíferas, Brócoli, Coliflor, Repollo, Col China. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Centro de Investigación La

Selva, Rio Negro, Antioquia, Colombia. Manual Técnico 20. 176 páginas.

Disponible en:

<http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/WebBac/Documentos/ELCULTIVOOCRUCIFERAS.pdf> [consulta: 01 de marzo de 2013].

Trabanino, R. 1998. Guía para el manejo integrado de plagas invertebradas. Tegucigalpa, Honduras, Escuela Panamericana. 157 p.

Valdez, C., K.M. 2012. Evaluación agronómica del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. itálica) con aplicación de tres bioestimulantes orgánicos en las localidades de Cumbayá y Checa. Tesis de licenciatura. Universidad Estatal de Bolívar. 114 páginas.

Disponible en:

<http://www.biblioteca.ueb.edu.ec/bitstream/15001/991/1/0.55%20AG.pdf> [consulta: 11 de marzo de 2013].

Vargas, T., Y. B. 2007. Evaluación del contenido nutrimental del compost elaborado con tres tipos de mezclas de desechos orgánicos y su efecto en el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica plenk). Tesis de licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.