

Control Biológico de la Polilla Dorso de Diamante *Plutella xylostella* (L) (Lepidoptera: Yponomeutidae)

- M. E. Londoño.** Corpoica, Centro de Investigación "La Selva". A.A. 100 Rionegro, Antioquia-Colombia.
E-mail : corpoic1@epm.net.co
- J. Jaramillo.** Corpoica, Centro de Investigación "La Selva". A.A. 100 Rionegro, Antioquia-Colombia.
E-mail : corpoic1@epm.net.co

La polilla dorso de diamante es una de las plagas más importantes de las crucíferas en el mundo. En Colombia este insecto ha sido reportado como una plaga de importancia económica en cultivos de repollo, brócoli y coliflor (López, 1996). En Antioquia, la polilla deteriora la producción de repollo (*Brasica oleracea* var. *Capitata*), coliflor (*B. oleracea* var. *Botritis*) y brócoli (*B. oleracea* var. *Italica*), col de brucas (*B. oleracea* var. *Gemnifera*) y col china (*B. oleracea* var. *Pequinensis*).

Los daños directos o indirectos ocasionados por este insecto, causan rechazo en los mercados nacionales y de exportación, lo que hace que las pérdidas sean cuantiosas para productores y comercializadores a nivel mundial (Bujanos *et al* 1993).

Los productores de crucíferas temen al rechazo en los mercados y sin saber mucho de la plaga, acuden a la aplicación de agroquímicos y exageran su uso. El despliegue publicitario de los agroquímicos y la habilidad de los vendedores, ha hecho que se generalice más el uso de estos productos en el campo. No obstante, ha ido creciendo la conciencia en el productor agropecuario sobre la contaminación que él hace a los productos alimenticios por el uso excesivo de agroquímicos en su sistema de producción. Son precisamente ellos los que están buscando alternativas de producción más limpia, que les permita consumir alimentos sanos de su propia huerta y también vender con una ventaja comercial, asegurando muchas veces la venta por tener productos libres de agroquímicos. Esto es particularmente efectivo en hortalizas, alimentos sobre los cuales el consumidor de ciudad hace también presión para que sean libres de productos químicos. Por esta razón en los almacenes de cadena de las principales ciudades de Colombia ya se ve uno o más estantes de verduras identificados claramente con el título "Productos orgánicos", lo que el consumidor citadino identifica como "Libre de químicos".

El control biológico de insectos plagas en agricultura es una de las estrategias útiles para su manejo. En el caso de la polilla dorso de diamante, *Plutella xylostella*, existen varias alternativas biológicas, nativas e inducidas, que ayudadas con algunas estrategias culturales, permiten un manejo eficiente de la plaga sin tener que recurrir al uso de insecticidas de síntesis. En este documento se presentará la problemática creada por *P. xylostella* en el Oriente de Antioquia y las alternativas que los agricultores tienen para manejarla sin contaminar el medio ambiente.

Distribución del insecto

La polilla dorso de diamante es originaria del Mediterráneo, centro de origen de las más importantes especies de la familia crucífera. Este insecto ha sido encontrado en todas las partes del mundo donde se cultiva este tipo de plantas. Se estima que es la especie de Lepidoptera de más amplia distribución (Bujanos *et al* 1993). Ha sido reportada en más de 80 países e incluso ha sido capturada en barcos en alta mar a más de 160 Km de la costa, en los Océanos Pacífico y Atlántico.

El rango de hospederos de la polilla está condicionado a crucíferas que contienen aceites de mostaza y sus glucósidos, principalmente sinigrin, sinalbin y glucocheirodin, los cuales actúan como estimulantes específicos. Son aproximadamente 40 las especies hospederas las cuales contienen uno o más de estos estimulantes.

Descripción

La polilla dorso de diamante es un insecto holometábolo. Los huevos son de forma ovalada, de color amarillo y miden aproximadamente 0.5 mm. Son colocados de preferencia en el envés de las hojas. Después de la eclosión, la larva de primer instar tiene un color amarillo pálido, con la cápsula cefálica oscura. Las larvas de los estadios siguientes van adquiriendo un color verde claro el cual se hace más intenso con el desarrollo; el último par de falsas patas está separado ampliamente formando una V invertida, convirtiéndose ésta en una característica útil para su identificación. Durante el estado de pre-pupa la larva teje un capullo blanco dentro del cual se convierte en pupa. La pupa mide 0.5-0.6 cm de longitud y es de color verde claro (Bujanos *et al* 1993).

Ciclo de vida y hábitos

Se han reportado duraciones variables del ciclo de vida de *P. xylostella* de acuerdo con las condiciones climáticas y el tipo de alimento en general. Bhalla y Dubey (1986), citados por Jaramillo *et al* (1999) dan ejemplos claros de esto con duraciones que fluctúan desde 11 hasta 27 días. En el Suroeste de Ontario, Canadá, Harcour (1986), citado por estos mismos autores, reporta de cuatro a cinco generaciones al año, con un tiempo para completar cada generación de 18-51 días. Existen muchos trabajos en este mismo sentido que indican las variaciones del ciclo de vida dependiendo de algún factor climático; se ha visto por ejemplo que a medida que sube la temperatura los tiempos para completar una nueva generación se reducen. Bujanos *et al* (1993) adelantaron estudios en el Bajío, México, que permitieron conocer el ciclo de este insecto en unidades calor (UC), indicando dicho estudio que se requieren 68.9 UC para completar el estado de huevo, 49.4 para el primer instar larval, 34.6 para el segundo, 37.5 para el tercero, 56.7 para el cuarto y 93.1 para la pupa; con un requerimiento total de 340.2 UC para la fase inmadura. La temperatura base en este estudio fue 7.3°C.

En la Estación Experimental Tulio Ospina, ubicada en el municipio de Bello, Antioquia, a 1438 m.s.n.m., se llevó a cabo un estudio del ciclo de vida de la palomilla dorso de diamante bajo condiciones de insectario. Las condiciones naturales de temperatura y humedad relativa tuvieron unos registros promedios de: 26.4°C (rango 22.6-30.2°C), 76% HR (rango 64-88%) y 1400 mm de precipitación anual. Dicho ciclo desde huevo hasta la emergencia del adulto fue de 22.48 ± 0.78 días. El período de incubación de los huevos fue de 5.01 ± 0.43 días. El estado larval pasa por cuatro instares con duraciones parciales de 3.98 ± 0.83 , 3.61 ± 0.79 , 3.66 ± 0.82 y 5.24 ± 0.77 días, respectivamente. La duración total del período larval fue de 16.37 ± 1.05 días. La pupa tuvo una duración de 6.14 ± 0.70 . La longevidad promedio de los adultos fue de 24.61 ± 7.65 días, con una proporción de sexos 1:1. La fertilidad de los huevos fue de 92.7% y la mayor mortalidad se presentó en el primer instar larval, ascendiendo a 12.23% (Jaramillo *et al* 1999).

El ancho de la cápsula cefálica tiene mucha importancia para identificar los instares larvales con precisión. En el anterior estudio, en una población de 50 larvas de *P. xylostella* se midió el ancho de la cápsula cefálica y usando la ley de Dyar se encontraron las medidas que aparecen en la tabla 1.

Tabla 1. Ancho en milímetros de la cápsula cefálica de los cuatro instares larvales de *P. xylostella* bajo condiciones de insectario. (Bello-Ant. 1438m.s.n.m., 22°C, 76% HR)

Estadio Larval	Ancho Cápsula Cefálica Promedio (mm)	Desviación Standard	Coefficiente Variación (%)
Primer instar	0.169	0.009	5.33
Segundo instar	0.246	0.019	7.72
Tercer instar	0.391	0.024	6.26
Cuarto instar	0.589	0.067	4.43

Los adultos se localizan debajo de las hojas, donde descansan y se protegen. Se les ve con más actividad en las horas de la tarde y en parte de la noche volando alrededor de las plantas, buscando bien sea aparearse u ovipositar; se alimentan del néctar de flores y a veces se les ve consumiendo agua que la humedad deja sobre las hojas. Los adultos emergen en la mañana y se encuentran listos para aparearse en las horas de la tarde. Las hembras producen una feromona que atrae a los machos para la cópula (Rueda y Shelton 1996; Bujanos *et al* 1993); tienen un período de pre-oviposición de dos días y colocan la mayor parte de su postura durante los 12 a 18 días siguientes (Jaramillo *et al* 1999).

Los huevos son puestos individualmente o en pequeños grupos. La hembra puede colocar hasta 110 huevos (Grillo y Hernandez 1994), los cuales son localizados en el envés de las hojas, cerca de la nervadura central. Con poca frecuencia se encuentran huevos en los peciolos y tallos; bajo presión de población y cuando la inflorescencia de brócoli está presente, se pueden encontrar huevos en las cabezas de este hospedero (Bujanos *et al* 1993).

Las larvas se localizan también en el envés de las hojas. Cuando son pequeñas (primero y segundo instar), hacen minas en el tejido foliar que parecen pequeñas galerías blancas; las de los demás instares consumen todo el tejido foliar dejando la parte cerosa del haz sin daño, dando con esto el aspecto de pequeñas "ventanas" en las hojas. Algunas veces se alimentan de los cogollos atrofiando el crecimiento de la planta. Cuando las larvas son perturbadas por algún factor externo, se dejan caer suspendiéndose de la hoja con un hilo de seda. Cuando el peligro pasa, suben nuevamente a la planta usando el mismo hilo de seda. Las larvas de tercero y cuarto instar son las más dañinas en el momento del cabeceo del repollo (Barrantes y Rodriguez 1996; Bujanos *et al* 1993).

Las pupas se ubican en las hojas, en la basura debajo de la planta o en los residuos de cosecha. Algunas veces se les encuentra dentro de las cabezas de la coliflor o del brócoli, adherida a una de las ramificaciones de la inflorescencia. Dicha presencia en los floretes es causante de rechazo en el mercadeo ya que es considerado como un daño por contaminación.

Caracterización del daño

La infestación de *P. xylostella* a lotes de crucíferas se da por las márgenes o perímetro de los campos; es por eso que en los muestreos y en las prácticas de control debe darse mayor énfasis en dichos sitios cuando se quiere detectar infestaciones tempranas. En los municipios de Santuario y Marinilla, mediante el conteo directo del número de estados de desarrollo en cultivos de repollo, se pudo verificar una mayor población de larvas y pupas en las orillas que en el centro del lote, como se observa en la figura 1.

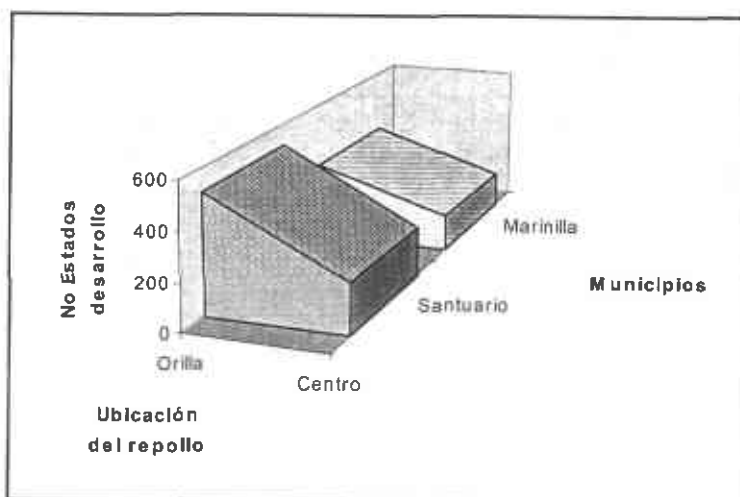


Figura 1. Efecto de la posición del repollo respecto a la presencia de *Plutella xylostella* (larvas y pupas) en el campo

Se ha notado que la incidencia de la palomilla dorso de diamante aumenta en proporción directa con el desarrollo del cultivo, durante los períodos de baja precipitación y cuando no se llevan a cabo prácticas de control. Al inicio del cultivo, la población es baja; en las etapas de formación de copa y de cabeza ocurre una multiplicación rápida de la plaga, alcanzando picos poblacionales al final del cultivo. La captura de adultos de *P. xylostella* en trampas de agua cebadas con feromona es un indicativo de la infestación durante el cultivo. En un estudio realizado en los municipios de Marinilla y El Santuario, Antioquia, en el cual se contabilizó semanalmente el número de adultos capturados en diez trampas, durante cuatro ciclos de siembra consecutivos, se pudo observar que la población de la palomilla es fluctuante a través del cultivo pero que tiende a incrementarse hacia el final del mismo. También es notorio como las siembras escalonadas favorecen la permanencia y persistencia de dorso de diamante en los lotes de esta crucifera, como aparece en el ciclo 4 de la Tabla 2 (Alvarez y Rojas 1997).

Tabla 2. Número de adultos de *Plutella xylostella* capturados en cinco trampas de agua cebadas con feromona en dos municipios productores de repollo del Oriente Antioqueño

Semana	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4
6	323	195	112	141
7	122	208	146	246
8	237	41	181	257
9	92	78	43	155
10	73	88	80	201
11	89	153	82	277
12	-	-	-	317

Teniendo en cuenta que la población de plagas en crucíferas se incrementa con el desarrollo del cultivo, es importante identificar bien las fases fenológicas de cada una de las crucíferas y aprender a manejar esta información para tomar decisiones acertadas en cuanto al mo-

mento oportuno de ejercer medidas de control de plagas. Se considera entonces que un producto biológico dirigido al control de *Plutella xylostella*, debe ser colocado en el cogollo al momento de formación de copa para garantizar su permanencia. De este modo, se protege la planta contra infestaciones presentes al momento de la aplicación y futuras.

Haciendo un balance entre los estudios realizados por el Catie (1990), Bujanos *et al* (1993), Carballo y Hruska (1989), Carballo, Calvo y Quezada (1989), se identifican cuatro etapas de desarrollo o fases fenológicas de las crucíferas, que son importantes en el manejo de poblaciones de dorso de diamante, a saber: **Etapa 1.** Plántula o fase vegetativa. Entre la fecha de trasplante y los 30-45 días después; cuando las plantas tienen 3-10 hojas verdaderas. **Etapa 2.** Establecimiento o de desarrollo. Desde los 45 días, posterior a la décima hoja, hasta el inicio del cierre del cogollo. **Etapa 3.** Desde el cierre del cogollo o formación de copa, hasta que la cabeza o pella alcance una pulgada de diámetro. **Etapa 4.** Formación de cabeza o cabeceo. Desde que la cabeza tenga una pulgada de diámetro hasta la cosecha; aproximadamente 12 semanas.

Teniendo en cuenta la importancia de las fases fenológicas del cultivo para el manejo de la palomilla en crucíferas, en el Centro de Investigación La Selva de Corpoica se adelantó un estudio que permitió establecer el momento del cierre del cogollo para cuatro crucíferas: coliflor, brócoli, repollo y col china. Se evaluó cada semana la fenología del cogollo, anotando si estaba abierto, iniciando el cierre o cerrado. No se presentaron diferencias entre las especies evaluadas ($\alpha=0.05$), siendo el cierre del cogollo para la mayoría de ellas entre la quinta y la sexta semana después del trasplante al campo. De esto se puede inferir que bajo las características climáticas del Oriente antioqueño, un producto biológico dirigido a dorso de diamante u otra plaga que ataque en la etapa de formación de copa o de cabeza, debe ser aplicado entre la cuarta y la quinta semana de cultivo, para que el producto biológico quede dentro del cogollo y permita más eficiencia sobre *Plutella xylostella* (Alvarez *et al* 1995).

El muestreo de plagas en los campos cultivados es fundamental. Es una práctica requerida para establecer los niveles de infestación y para la toma de decisiones. Bujanos *et al* (1993), recomiendan el método de muestreo absoluto, el cual consiste en revisar minuciosamente las plantas y contabilizar el número de estados biológicos de dorso de diamante, falso medidor, pulgones y otras plagas. Para el caso de Colombia este método es fácil de aplicar y se acomoda a las condiciones de campo. No obstante hay que hacer énfasis en que en el muestreo es necesario contabilizar dorso de diamante, falso medidor, cogolleros y piéridos, que son las plagas de común ocurrencia. El muestreo debe hacerse tanto en las orillas como en el centro. Al revisar las orillas, debe caminarse en zig-zag en los primeros cinco surcos y en los cinco metros de las cabeceras. Se deben escoger 20 plantas al azar, examinando cada 20 pasos la más cercana. En el centro se revisan 10 plantas/ha, siguiendo la misma metodología descrita. El nivel crítico de infestación indicado por estos autores es una larva en 10 plantas revisadas o el del incremento de 5% a 10% de plantas dañadas por semana. Andaloro *et al* (1983), citados por Carballo y Hruska (1989), establecieron diferentes niveles de daño para las etapas de crecimiento del repollo. Para la primera etapa, el nivel de daño es de 0.5 unidades larvales por planta, equivalente a 5 larvas de *P. xylostella* por planta. Para la segunda etapa que es más tolerante al daño, el nivel es de 1.3 unidades larvales, equivalente a 13 larvas por planta. En la etapa temprana y tardía de formación de cabeza, que es la más crítica, el nivel de daño es de 0.5 unidades larvales, equivalente a 5 larvas de *P. xylostella* por planta. Varios autores han comprobado que las aplicaciones de insecticidas en las primeras etapas de desarrollo pueden ser omitidas, pues la infestación de plagas en esta época no afecta los rendimientos. Lo que no puede omitirse es la protección durante la época del pre cabeceo, porque las pérdidas pueden superar el 15%. En estos momentos, la protección con *Bacillus thuringiensis* da buenos resultados contra dorso de diamante especialmente.

Controles usados por los agricultores

De acuerdo con una encuesta aplicada en el Oriente antioqueño por personal técnico de Corpoica, ICA y estudiantes de la Universidad Católica de Oriente en 1997, el cultivador de crucíferas conoce bien la palomilla dorso de diamante y distingue los estados de larva y de adulto. El daño es claramente identificado del de otros lepidópteros incidentes y el control va dirigido tanto al adulto como a la fase larval. El 100% de los encuestados (150 agricultores) aplican productos químicos para combatir la plaga; los productos más utilizados por ellos son Padan, Cymbush, Curacron, Lorsban y Furadan. El número de aplicaciones varían de 5 a 15 y muy pocos agricultores aplican por encima o por debajo de este rango. El 57% de ellos aplica el insecticida solo y el 47% hace mezclas insecticida-insecticida o insecticida-fungicida. La mitad de los agricultores que hacen mezclas combinan dos o tres insecticidas (Arévalo *et al* 1997). De acuerdo con esta encuesta, la producción de crucíferas de 1997 se vendió con altos niveles de insecticidas de categoría toxicológica I, es decir altamente tóxicos, cuyo destino final fueron las ciudades de la Costa Atlántica y los supermercados de la ciudad de Medellín.

Es curioso e interesante el reporte de dos fuentes comerciales de *Bacillus thuringiensis* usadas por tres de los 150 agricultores encuestados. Esto indica la introducción de agentes de ventas y de distribuidores de productos biológicos en el área de las hortalizas, lo cual es de mucha importancia para impulsar el uso de estos productos en el campo. Los productos comerciales elaborados con agentes biológicos para el control de plagas deben ser promocionados y publicitados de manera inteligente, con estrategias de mercadotecnia diseñadas para tal fin. Una buena publicidad, creada de acuerdo con la idiosincrasia campesina permitirá entrar más en el mercado, abriendo la opción de compra en las zonas rurales. Si los productos son bien formulados y eficientes contra las plagas, se aumentará la demanda por ellos, con la consecuente ventaja para el consumidor el cual podrá acceder a alimentos más limpios para su familia.

Control biológico de *P. xylostella*

En las diferentes etapas del ciclo biológico, la palomilla dorso de diamante se encuentra expuesta a diversos factores de mortalidad, los cuales ejercen una influencia importante sobre la densidad de sus poblaciones. Son múltiples los esfuerzos encaminados al manejo de la palomilla dorso de diamante al nivel mundial. Entre los componentes de manejo integrado más trabajados están el control biológico, la utilización de trampas con feromona y las prácticas culturales.

Los agentes de control biológico reportados para *P. xylostella* en distintos continentes son múltiples. Alrededor de 60 especies de enemigos naturales afectan este insecto en los estados de huevo, larva y pupa. Como parasitoides de huevos se menciona a *Trichogramma*, de larvas a los géneros *Diadegma* y *Cotesia* y de pupa al género *Diadromus*. Los huevos de dorso de diamante son parasitados por diversas especies de *Trichogramma*, entre las cuales se distinguen, *Trichogramma confusum*, *T. pretiosum*. Las liberaciones de estos parasitoides hechas en México a razón de 150.000 avispas/ha, dos veces por semana, no demostraron eficiencia sobre *P. xylostella*; sin embargo, se pudo verificar su parasitismo sobre huevos del falso medidor (Comité técnico 1989, citado por Bujanos *et al* 1993). La avispa *Trichogrammatoidea bactre* Nagaraja (Lim 1886;1992, citados por Bujanos *et al* 1993) fue introducida a México y liberada en campos de brócoli en 1989 en una densidad variable entre 450.000 y 900.000 especímenes/ha, dos veces por semana; los resultados de esa experiencia indican un parasitismo de huevos de dorso de diamante del 22%, lo cual se considera bueno.

Un complejo de especies está asociado al parasitismo de los estados de larva y pupa; más de 25 especies de Ichneumonidae y Braconidae han sido identificadas como parasitoides primarios o secundarios de esta plaga. El endoparásitoide solitario *Diadegma insulare* (Cresson), una avispa de la familia Ichneumonidae, ataca larvas de segundo y tercer estadio; este parásitoide elabora la pupa dentro del capullo de seda de la plaga, la cual es fácil de identificar porque tiene sus extremos redondeados. El ciclo de vida completo tarda 16 días, de acuerdo con los reportes de Ochoa, Carballo y Quezada (1989), citados por Cordero y Cave (1990). *Diadegma insulare* ha sido reportada en muchas partes del mundo parasitando la polilla en crucíferas. Harcourt la reportó en 1960 en Canadá y México, Oatman y Platner (1969) en USA, Medina (1977) en Puerto Rico, Castineiras y Hernandez (1980) en Cuba, Secaira y Andrews (1987) en Honduras, Ochoa, Carballo y Quezada (1989) en Costa Rica (todos citados por Cordero y Cave, 1990). Los porcentajes de parasitismo evaluados en este insecto benéfico son diferentes en cada localidad y estación. Es un parasitoide que trabaja bien a bajas densidades de la plaga, alcanzando hasta un 40% de parasitismo en esta condición. Cuando la infestación de la plaga se incrementa a niveles mayores, el parasitismo empieza a decrecer y puede llegar a niveles cercanos al 5%. Durante el invierno, el porcentaje de parasitismo es mayor que en el verano; sin embargo, este comportamiento tiene que ver más con bajas infestaciones de la plaga que con el efecto mismo del factor climático sobre el parasitoide. Por las razones antes mencionadas, se considera que este parasitoide sólo es poco efectivo para mantener las poblaciones de *P. xylostella* a niveles bajos. Su acción debe ser combinada con otros agentes de control.

La presencia de malezas dentro y fuera de los campos juega un papel importante en la presencia y permanencia del parasitoide, ya que son fuente de alimento para los adultos; de este modo contribuyen a mejorar la efectividad en el control biológico de *P. xylostella*. Se ha visto que *D. insulare* se posa en las malezas *Brassica campestris*, *B. rapa*, *Sonchus oleraceus*, *Argemone mexicana*, *Lepidium virginicum*, *Coniza apurensis* y *Gnapalium* sp. Dichas observaciones han coincidido con lotes de repollo donde se han suspendido las aplicaciones de insecticidas, así como en bordes enmalezados alrededor de los bordes de los cultivos (Catie, 1990).

En Asia, *Diadegma semiclausum* (Hellen) (= *eucerocephala* Horstmann) ha sido usada de manera semicomercial como base del control de larvas de la palomilla dorso de diamante (Rueda y Shelton 1996). Otro parasitoide considerado de mediana ocurrencia es *D. fenestrata* (Holmgren). Chilcutt y Tabashnik (1997), consideran al parasitoide *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae) como un eficiente agente de control en zonas tropicales y sub tropicales. López (1992), mencionando a *Apanteles* como el género más frecuente entre los parasitoides de larvas defoliadoras, comenta que cuenta con varias especies que atacan a *P. xylostella* y *Trichoplusia ni*. Reporta además este mismo autor que se presentan algunos dípteros de la familia Tachinidae como comedores de los defoliadores de follaje, pero no hace referencia concreta sobre *P. xylostella*.

Las larvas también son depredadas por crisopas, coccinélidos, chinches, arañas, hormigas y pájaros. La avispa *Polybia* sp. es un depredador común de larvas de *P. xylostella*; sin embargo, su impacto sobre las poblaciones de la plaga no ha sido evaluado aún. Se conoce también la acción de varios depredadores, entre los cuales se mencionan tijeretas y arañas (Catie, 1990; Bujanos *et al*, 1993).

Los microorganismos entomopatógenos también hacen un importante papel regulador de poblaciones de dorso de diamante. Muchos de los reportes están restringidos a larvas y unos cuantos a pupas. La mayoría de las referencias de entomopatógenos actuando en forma natural son de hongos de la familia Entomophthoraceae. El único reporte de infección natural de la bacteria sobre *P. xylostella* corresponde a *B. thuringiensis* var. *kurstaki* y fue hecho por Purrini (1977) y Vankova y Purrini (1979), citados por Wilding (1986). Estos auto-

res descubrieron la larva de dorso de diamante infectada con la bacteria en campos de Yugoslavia, pero no está bien claro de qué se estaba alimentando la larva. Paralelo a este descubrimiento, se detectó la presencia de esta misma bacteria en polillas de los granos almacenados, siendo estos hospederos mucho más usuales que plagas fitófagas y por ello considerados como hospederos primarios (Wilding, 1986).

B. thuringiensis es una bacteria formadora de cristal, caracterizada por la formación de una proteína precedente de dicho cristal denominada delta endotoxina, la cual es tóxica a larvas de Lepidoptera y a larvas acuáticas de ciertos Diptera, incluyendo mosquitos, pero inocua a los demás organismos incluyendo seres humanos. Las larvas se infestan con la bacteria mediante el consumo de la misma. La endotoxina paraliza el intestino, causando un cese de la alimentación y una reducción del pH. En esta condición, la bacteria se multiplica, esporula, rompe la pared del intestino medio del insecto y entra en el hemocele causando una septicemia mortal (Wilding, 1986). Las larvas mueren comúnmente a las 24 horas después de la ingestión de la bacteria (Bujanos *et al* 1993).

Existen muchos estudios sobre el efecto de variedades de *B. thuringiensis* sobre dorso de diamante. Burgerjon y Bianche (1967), citados por Wilding (1986), compararon la susceptibilidad de 24 especies de Lepidoptera, incluyendo a *P. xylostella*, a aislamientos de *B. thuringiensis* de los serotipos H-1, H-3, H-4, H-5 y H-6. La polilla dorso de diamante fue susceptible a cada uno de ellos. Cada uno de estos aislamientos fue preparado de idéntica forma y formulado como polvo seco. A una concentración dada del polvo disuelto en agua, el serotipo H-6, *var. subtoxicus* resultó ser el más tóxico a la polilla. Preparaciones comerciales de dos de los serotipos mencionados antes, Dipel (serotipo H-3^a/3b, *var. kurstaki*) y Bactospein (serotipo H-1, *var. Thuringiensis*), fueron comparados en su toxicidad sobre larvas de dorso de diamante, siendo Dipel 1.3 veces más tóxico que Bactospein (Wilding, 1986).

Esta bacteria se encuentra en el 95% de los insecticidas microbiales y su aplicación en cultivos agrícolas ha presentado un crecimiento exponencial en los últimos años. (Ibarra 1993, citado por Bujanos *et al* 1993). *B. thuringiensis* ha sido ampliamente utilizada en el control de *P. xylostella*; sin embargo, ya se ha reportado el desarrollo de resistencia por parte de este insecto a la bacteria, principalmente debido a un mal manejo de ella (Tabashnik *et al* 1990; Liu Tabashnik y Johnson 1995, 1996). Para el manejo de dicha resistencia existen varias propuestas; una de las cuales es simplemente suspender la aplicación de la bacteria para restablecer la susceptibilidad del insecto en campo. Otra es el uso de otros agentes de control biológico de manera combinada con la bacteria, buscando una armonía entre ellos. De este modo se ha propuesto el uso del nemátodo *Steinernema carpocapsae* (Weiser), ya que matan rápidamente al hospedero y son fáciles de aplicar sobre el follaje; sin embargo se considera que por sus requerimientos de alta humedad, temperatura media y protección de la luz ultravioleta, su aplicación foliar se puede ver limitada. De igual manera, el uso de hongos entomopatógenos tendría cabida (Tabashnik, Finson y Johnson, 1991; Kaya *et al* 1998; Gaugler y Kaya 1990; Vanderberg *et al* 1998).

En un intento por producir aislamientos con toxicidad incrementada para plagas y reducida hacia el gusano de la seda *Bombis mori* Jangi e Ibrahim (1983), citados por Wilding (1986), utilizaron rayos gamma sobre el serotipo H-7, *var. aisawai* sacado del preparado comercial Bacillex. Con algunos de los aislamientos consiguieron la anhelada disminución de la toxicidad sobre *B. mori*, pero lo más importante fue el hallazgo de unos aislamientos que superaron seis veces la toxicidad registrada hasta entonces sobre *P. xylostella*.

La identificación de aislamientos nativos de *B. thuringiensis* adaptados a las condiciones ambientales del trópico, con alto potencial, amplio espectro de acción y mayor especificidad contra plagas de importancia agrícola, entre otras características, son la esperanza para incrementar el uso de este agente de control biológico en el manejo de la polilla dorso de

diamante. De este modo, se han evaluado aislamientos nativos procedentes de la colección que el Programa Nacional MIP de Corpoica tiene en Tibaitatá, Bogotá y se ha encontrado que a una concentración establecida en 328 µg/ml de proteína total, los aislamientos nativos 3027 y el 2776, causan mortalidades a las 48 horas de 98 y 97%, respectivamente, sobre larvas de tercer ínstar de *P. xylostella*; mortalidades éstas que no se distinguen estadísticamente de las conseguidas con la cepa de referencia HD-1 y con los productos comerciales Dipel y Xentari (Jaramillo y Londoño, 2000). Estudios como éste deben seguir adelantándose, de tal manera que se pueda hacer contribuciones futuras con aislamientos que puedan ser una alternativa a la resistencia, a través de la identificación de cepas o aislamientos con distinto modo de inserción en la membrana del intestino o algún otro modo de acción, que pueda resolver posibles problemas con productos formulados.

En el Oriente antioqueño, el uso de formulados comerciales de *B. thuringiensis* no es muy generalizado. No obstante, en cultivos comerciales que maneja Corpoica en el Centro de Investigación La Selva, ubicado en el municipio de Rionegro, Antioquia, se manejan poblaciones de dorso de diamante y de otros lepidópteros (Noctuidae y Pieridae), con aplicaciones de formulados comerciales de la bacteria, disponibles en el mercado, sin tener que recurrir al uso de insecticidas de síntesis. Se puede ver incluso la acción de enemigos naturales como parasitoides y hongos entomopatógenos, actuando sobre larvas y pupas de *P. xylostella* y de los demás lepidópteros, a pesar de estar dicho centro rodeado de cultivos de flores en los cuales el uso de agroquímicos es alto. Esto indica incluso, que la recuperación de un área después del uso de agroquímicos como única alternativa no es tan difícil y que lo que se requiere principalmente es voluntad de acción.

La posibilidad de incluir al hongo *Beauveria bassiana* como agente de control biológico de *P. xylostella* para minimizar los riesgos de salud y de contaminación ambiental en las hortalizas ha sido planteada por varios autores. Fuentes y Carballo (1995), citados por Fernandez (2000), comentan que las aplicaciones de *B. bassiana* en el campo inducen epizootias que pueden reducir poblaciones de la polilla, afectando los estados de larva, pupa y adulto. Shelton *et al* (1998), citados por Fernandez (2000), consideran este hongo como una herramienta para el manejo de dorso de diamante y recomiendan estudios que permitan establecer la época de aplicación, el efecto sobre otras plagas de las crucíferas y sobre los enemigos naturales en el sistema. Shelton *et al* (1998), citado por Fernandez (2000), consideran que el uso de *B. bassiana* en viveros o germinadores, puede ser una herramienta importante en un programa de manejo de *P. xylostella*, al proveer transplantes libres de infestación, ofreciendo ventajas a los productores de plántulas y a los cultivadores. Indica este mismo autor, que con la aplicación del formulado comercial Mycotrol® wp de este hongo en semilleros de repollo, consiguió un buen control y una persistencia hasta por dos semanas. Vandenberg *et al* (1998), demostraron con dos cepas comerciales de *B. bassiana* que este hongo puede hacer un control significativo cuando es aplicado en repollo dirigido al segundo, tercero y cuarto ínstar larval de la polilla dorso de diamante. Las larvas infectadas con el hongo cesan su alimentación a las pocas horas después de expuestas.

En un trabajo experimental realizado en condiciones de insectario, en las instalaciones del C.I. Tulio Ospina, se evaluó la mortalidad causada por varios aislamientos y fuentes de *Beauveria bassiana* sobre larvas de tercer ínstar de *P. xylostella*. Las larvas afectadas con *B. bassiana* presentaron una sintomatología típica que permitió identificar la infección con el microorganismo. Tales síntomas fueron rigidez, coloración café claro o anaranjada con los extremos más oscuros y una curvatura típica. A las 24 horas de presentarse estos síntomas comienza a salir micelio blanco por las comisuras de los extremos de las larvas; a las 48 horas se completa la aparición del micelio blanco tornándose algodonoso y cubriendo totalmente el cuerpo momificado. La mayoría de estas larvas muestran puntos verdes oscuros cremosos después del segundo día de aparición del micelio, permitiendo interpretarlos como posibles puntos de penetración del hongo en la cutícula de *P. xylostella*. La población que se

encontró muerta seis días después del tratamiento se llevó a cámara húmeda para favorecer el desarrollo del patógeno y poder verificar la mortalidad intrínseca en ellas. La expresión de micelio se dio al siguiente día de colocar las larvas en la cámara; por eso, en este momento, se retiró la humedad para permitir la conidiogénesis que se verificó entre los cuatro y cinco días posteriores. CLS 029 y Beauveril muestran una tendencia a causar mayor mortalidad intrínseca (40% y 27% respectivamente), siendo superior su expresión de micelio y conidias que en los demás tratamientos aplicados (Tabla 3).

Tabla 3. Mortalidad intrínseca de *Plutella xylostella* después del tratamiento con diferentes fuentes de *Beauveria bassiana*, a una concentración de 1×10^9 . Datos procedentes de 60 larvas

TRATAMIENTO	Larvas muertas	N° Larvas con micelio	% Larvas con micelio	N° Larvas mortalidad por Bb	% Mortalidad intrínseca
CLS 029	36	27	45	24	40
BEAUVERIL	44	18	30	16	27
CLS 009	24	19	32	15	25
B. BASSIANA	25	12	20	11	18
CLS 007	21	13	22	8	13
TESTIGO	2	2	3	2	3

El hongo *Zootera radicans* (Brefeld) (=Entomophthora sphaerosperma) (Phycomycetes: Entomophthoraceae) infecta insectos de varios órdenes y es un patógeno ampliamente distribuido de la polilla dorso de diamante, atacando por lo general las larvas, aunque algunas veces se ha visto sobre pupas (Robertson 1939, Kenervo 1945; citados por Wilding 1986). Las larvas muertas a causa de este hongo son sujetadas al sustrato por fuertes crecimientos rizoides que emergen a lo largo de la superficie ventral del abdomen. El hongo entonces produce los conidióforos, que se extienden sobre la larva, cubriéndola más allá de sus márgenes, de tal manera que no queda reconociéndose su forma y aspecto originales. Las conidias primarias emergen de dichos conidióforos y son violentamente descargadas a unos pocos milímetros de distancia, formando un halo alrededor de la larva muerta. En algunas larvas, en vez de conidióforos se forman esporas de resistencia esféricas, de pared gruesa, desarrolladas dentro del cuerpo del hospedero infectado. Bajo condiciones de infestación natural en Nueva Zelanda, el hongo puede eliminar las poblaciones de dorso de diamante en solo 10 días Kelsey (1965) citado por Wilding (1986). No se han dado reportes de *Zootera radicans* atacando dorso de diamante en Europa, ni en Norte América, a pesar de que este patógeno ha sido reportado en otros hospederos, incluyendo lepidópteros, en estas regiones. Se considera que los factores más importantes que gobiernan la mortalidad causada por este hongo son la humedad y la alta densidad del hospedero; las epizootias pueden ser esperadas cuando estas condiciones coinciden.

La polilla dorso de diamante es el único hospedero reportado para *Erynia blunckii* (Lakon) otro hongo Entomophthorales ha sido encontrado en muy pocos lugares. El síntoma de infección es similar al descrito para *Z. radicans*; sin embargo, las conidias son diferentes (Wilding 1986).

Los virus también han sido detectados actuando sobre la polilla dorso de diamante en varias regiones del mundo. Asayama y Osaki (1970), citados por Wilding (1986), reportaron varias larvas de polilla infectadas con un virus de la granulosis (GV) en plantaciones de repollo en el Japón, durante el mes de mayo de 1968. El color de la larva en un estado avanzado de infección, cambió del verde intenso normal al amarillo pálido. Después de la muerte ella se

torna café oscura y se revienta. Después de que esto ocurre, un fluido blanco se derrama. Las cápsulas de este GV son uniformemente ovo-cilíndrica, con dimensiones de $411+17 \times 240+13$ μ m. Un virus NPV aislado de dorso de diamante fue usado para experimentación por Varma y Grill (1977), citados por Wilding (1986); sin embargo, no se conocen detalles sobre el lugar de procedencia del aislamiento, ni sobre los síntomas de infección sobre el hospedero.

El control biológico de *P. xylostella* tiene grandes posibilidades de aplicación bajo las condiciones de producción de crucíferas en Colombia. Sin embargo, el control biológico sólo como estrategia de control sería insuficiente para la regulación de poblaciones insectiles. Se requiere entonces del concurso de otras tácticas dentro de las cuales tiene una relevante importancia las prácticas culturales. Una de las prácticas consideradas como importante para reducir la migración de adultos a nuevas áreas plantadas es la recolección de residuos de cosecha. En las instalaciones del C.I. La Selva, los residuos de cosecha son recolectados y utilizados para la producción de lombricompost o compost, con una gran utilidad como fuente de abono orgánico para futuras plantaciones.

La rotación de las crucíferas con otras hortalizas no hospederas también tiene un efecto reductor de la palomilla. El uso de plántulas "limpias" de huevos y larvas neonatas de dorso de diamante, es particularmente importante para reducir la introducción y establecimiento de este insecto-plaga en forma temprana en los cultivos. Para esta protección es particularmente útil el hongo *Beauveria bassiana* el cual puede ser aplicado en los semilleros para prevenir infestaciones en el campo.

El agua es un factor controlador natural de cierta importancia. Las lluvias afectan directamente la supervivencia de huevos y adultos, los cuales se ven disminuidos sustancialmente en la época de invierno.

Teniendo en cuenta las recomendaciones y consideraciones anteriores y mediante el uso de agentes de control biológico como *Bacillus thuringiensis* y *Beauveria bassiana*, las poblaciones de la palomilla dorso de diamante son fácilmente manejables en Colombia.

Bibliografía

- Álvarez, J.; Londoño, M.; Jaramillo, J. 1995. Determinación del estado de desarrollo de la planta y su relación con el daño de la polilla *Plutella xylostella* en cuatro crucíferas y una compuesta de uso comercial. Grupo de Investigación Agrícola regional. Documento de trabajo. 44 p.
- Álvarez, J.; Rojas, L. 1997. Distribución, incidencia y daño de *Plutella xylostella* en el Oriente antioqueño. Tesis de grado, Administración de empresas agropecuarias, Universidad Católica de Oriente.
- Arévalo, E.; Londoño, M.; Jaramillo, J.; Rojas, L.; Alvarez, J.; Arias, J.; Rios, A. 1997. Encuesta sobre conocimiento general de la palomilla dorso de diamante por parte de agricultores del Oriente antioqueño, su daño y métodos de control. Proyecto colaborativo ICA-Corpoica: "Prevalencia y magnitud del daño ocasionado por la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* en cultivos de crucíferas del Oriente antioqueño". Documento de trabajo.
- Barrantes, J.; Rodríguez, C. 1996. Abundancia estacional de *Plutella xylostella* (L)(Lepidoptera:Plutellidae) y el cultivo de repollo, durante la época seca en Alfaro Ruiz, Alajuela, Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas, Costa Rica. No 39, pp. 17-24.
- Bujanos M.; Marín, A.; Galván, F.; Byerly, K. 1993. Manejo Integrado de la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* (L) (Lepidoptera: Yponomeutidae) en el Bajío, México. Publicación Especial No.4. Instituto Nacional de Investigación Forestal y Agropecuaria. SARH, CEBAJ, Centro de Investigación regional del Centro, Patronato para el Apoyo y Fomento a la Investigación agropecuaria y Forestal en el Estado de Guanajuato, México.35 p.

- Chilcutt, C.; Tabashnik, B. 1997. Host-mediated competition between the pathogen *Bacillus thuringiensis* and the parasitoid *Cotesia plutellae* of the diamondback moth (Lepidoptera:Plutellidae). *Environmental Entomology*. Vol 26. P. 38-45.
- Fernandez, C. 2000. Revisión bibliográfica sobre la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* y las posibilidades del hongo *Beauveria bassiana* para ser incluido como herramienta de control. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Posgrado en Entomología. Documento de Trabajo. 26 p.
- Gaugler, R.; KAYA, H. 1990. Entomopatogenic nematodes in biological control. CRC, FL.
- Grillo, R.; Hernandez, R. 1994. Estudios biológicos de *Plutella xylostella* (L) (Lepidoptera:Yponomeutidae). *Centro Agrícola, Cuba*. Año 21 (1):31-41.
- Kaya, H.; Baur, M.; Tabashnik, B; Chilcutt, C. 1998. Suppression of diamondback moth (Lepidoptera:Plutellidae) and *Bacillus thuringiensis* Berliner. *Journal of Economic Entomology*. The Entomological Society of America. Vol. 91(5):1089-1095.
- Jaramillo, J.; Londoño, M. 2000. Evaluación de aislamientos nativos de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* en el control de la polilla dorso de diamante *Plutella xylostella* (L). Corpoica, Grupo de Investigación Agrícola Regional. Rionegro, Ant. Colombia. Documento de Trabajo. 25 p.
- Jaramillo, J.; Londoño, M.; Montoya, O. 1999. Ciclo de vida de la polilla dorso de diamante *Plutella xylostella* (L) (Lepidoptera:Yponomeutidae), bajo condiciones de insectario. Corpoica, Grupo de Investigación Agrícola Regional. Rionegro, Ant. Colombia. Documento de Trabajo. 25 p.
- Liu, Y.; Tabashnik, B.; Johnson, H. 1995. Larval age affects resistance to *Bacillus thuringiensis* in diamondback moth (Lepidoptera:Plutellidae). *Journal Economic Entomology*. Vol 88. P 788-792.
- Liu, Y.; Tabaschnik, B.; Pusztai-Carey, M. 1996. Field evolved resistance to *Bacillus thuringiensis* toxin CryIc in diamondback moth (Lepidoptera:Plutellidae). *Journal Economic Entomology*. Vol 89. P 798-804.
- Patiño, P. 1999. Evaluación de diferentes fuentes de *Beauveria bassiana* sobre *Plutella xylostella* en condiciones de insectario. Trabajo de Práctica Profesional: Colegio Mayor de Antioquia, Escuela de Bacteriología. 20 p.
- Rueda, A.; Shelton, A. 1996. La palomilla dorso de diamante (DDM). Publicación de la Universidad de Cornell. 9p.
- Tabaschnik, B.; Cushing, N.; Finson, N; Johnson, M. 1990. Field development of resistance to *Bacillus thuringiensis* moth (Lepidoptera:Plutellidae). *Journal of Economic Entomology*. 84 (1): 49-55.
- Tabashnik, B.; Finson, N.; Johnson, M. 1991. Managing resistance to *Bacillus thuringiensis* from the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Economic Entomology*. 84(1): 49-55.
- Vandenberg, J.; Shelton, A.; Wilsey, A.; Ramos, A. 1998. Assessment of *Beauveria bassiana* sprays for control of diamondback moth (Lepidoptera:Plutellidae) on crucifers. *Journal of economic Entomology*. The Entomological Society of America. 91(3): 624-630.
- Wilding, N. 1986. The pathogens of diamondback moth and their potential for its control - a Review. Diamondback moth managemente proceeding of the first international workshop. Asian Vegetable Research and Development Center. Taiwan, Manch 11-15 p. 219-231.