

# PARASITISMO NATURAL DE LA PALOMILLA DORSO DE DIAMANTE *Plutella xylostella* L. EN CANOLA (*Brassica napus* L.), EN EL NORTE DE SINALOA, MÉXICO

## NATURAL PARASITISM OF DIAMONDBACK MOTH *Plutella xylostella* L. IN CANOLA (*Brassica napus* L.), IN NORTHERN SINALOA, MÉXICO

Edgardo Cortez-Mondaca y Jaime Macías-Cervantes

Campo Experimental Valle del Fuerte. INIFAP. Apartado Postal 342. Juan José Ríos, Sinaloa, México. (cortez.edgardo@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

La palomilla dorso de diamante (PDD) *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) es la plaga más importantes de las crucíferas. Reduce severamente el rendimiento y la calidad de la cosecha, y tiene la característica de desarrollar fácilmente poblaciones resistentes a insecticidas sintéticos y biológicos que se usan para su combate. Este estudio se realizó en el Campo Experimental Valle del Fuerte del INIFAP, en Juan José Ríos, Sinaloa, en un cultivo de canola *Brassica napus* L. var. *napus* (Brassicaceae) sin aplicación de insecticidas. Se obtuvieron larvas y pupas de la PDD y sus parasitoides en hojas recolectadas durante la etapa de formación y llenado de vaina. Los parasitoides fueron identificados por taxónomos especialistas. Se determinó el parasitismo natural, el porcentaje de mortalidad de la PDD por causas desconocidas, así como la relación densodependiente hospedero-parasitoide. Los parasitoides obtenidos fueron: *Diadegma insulare* (Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Cotesia* sp. (Hymenoptera: Braconidae) y *Conura* sp. (Hymenoptera: Chalcididae). *D. insulare* presentó un parasitismo de 25.0 a 80% (promedio 49.5%); *Cotesia* sp. entre 0.0 y 75.0% (promedio 23.1%); y *Conura* sp., entre 0.0 y 20% (promedio 3.2%). *D. insulare* tuvo una estrecha relación densodependiente con el hospedero ( $R^2=0.85$ ).

**Palabras clave:** *Brassica* spp., *Conura* sp., *Cotesia* sp., *Diadegma insulare*, *Plutella xylostella*, relación densodependiente.

### INTRODUCCIÓN

La palomilla dorso de diamante (PDD) *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) es una de las plagas más importantes de los cultivos de crucíferas (Talekar y Shelton, 1993). En canola *Brassica napus* L. var. *napus*, la PDD se reporta como plaga de importancia económica en Australia, Alemania, Canadá y Sudáfrica (Mosiane *et al.*, 2003; CABI, 2005). En el norte de Sinaloa y sur de Sonora, México

### ABSTRACT

The diamondback moth (DBM) (*Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) is the most important pest of crucifers. It severely reduces harvest yield and quality and easily develops populations resistant to synthetic and biological insecticides that are used for its control. This study was conducted in the INIFAP Valle del Fuerte experimental station in Juan José Ríos, Sinaloa, México in canola *Brassica napus* L. var. *napus* (Brassicaceae) where insecticides were not applied. Diamondback moth (DBM) larvae and pupae and its parasitoids were obtained from leaves collected during the stage of pod formation and filling. The parasitoids were identified by taxonomy specialists. Natural parasitism, percentage of DBM mortality from unknown causes, and the host-parasitoid density-dependent ratio were determined. The parasitoids obtained were *Diadegma insulare* (Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Cotesia* sp. (Hymenoptera: Braconidae), and *Conura* sp. (Hymenoptera: Chalcididae). *D. insulare* exhibited 25.0 to 80% parasitism (average 49.5%); *Cotesia* sp. between 0.0 and 75.0% (average 23.1%), and *Conura* sp. between 0.0 and 20% (average 3.2%). *D. insulare* had a close density-dependent relationship with the host ( $R^2=0.85$ ).

**Key words:** *Brassica* spp., *Conura* sp., *Cotesia* sp., *Diadegma insulare*, *Plutella xylostella*, density-dependent ratio.

### INTRODUCTION

The diamondback moth (DBM) *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) is one of the major pests of crucifers (Talekar and Shelton, 1993). In canola *Brassica napus* L. var. *napus*, DBM is reported as an economically important pest in Australia, Germany, Canada and South Africa (Mosiane *et al.*, 2003; CABI, 2005). In northern Sinaloa and southern Sonora, Mexico, large populations of DBM have been reported defoliating the canola crop. Chemical control in this Brassicaceae is particularly complicated since spraying is required principally during fruit set when a high incidence of beneficial entomophagous and pollinating insects is found (Gurr *et al.*, 2000). In the

Recibido: Mayo, 2006. Aprobado: Febrero, 2007.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 41: 347-354. 2007.

se han detectado poblaciones elevadas de PDD defoliando el cultivo de canola. El control químico en esta brasicácea es particularmente complicado porque las aspersiones de insecticidas se requieren principalmente durante la etapa de fructificación, cuando se registra una elevada presencia de insectos benéficos, entomófagos y polinizadores (Gurr *et al.*, 2000). En el Bajío, México, la PDD reduce severamente el rendimiento y la calidad del brócoli (*Brassica oleracea botrytis*). Si no se aplican insecticidas para su combate toda la producción puede perder su valor comercial (Bujanos, 2000; Díaz-Gómez *et al.*, 2000); en contraparte la PDD desarrolla rápidamente poblaciones resistentes a diferentes grupos toxicológicos de insecticidas que se emplean para su combate (Plapp *et al.*, 1992; Roush, 1997), e incluso a los de tipo biológico como *Bacillus thuringiensis* (Shelton, 1993; Perez *et al.*, 1995), por lo cual se ha dado mucha importancia a los estudios de control biológico utilizando parasitoides (Andrews *et al.*, 1992; Talekar, 1992). Por tanto, los objetivos de este trabajo fueron identificar los parasitoides de la PDD y evaluar el porcentaje de parasitismo natural que alcanzan.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental Valle del Fuerte (CEVAF) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en Juan José Ríos, Sinaloa, 32 m, 25° 45' 36" N y 108° 48' 41" O, durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2004-2005. Se usó una parcela experimental de 2.0 ha con canola variedad Hyola 401 establecida el 22 de diciembre y sin aplicación de insecticidas. El manejo agronómico se efectuó de acuerdo con la Guía Para Producir Canola en el Sur de Sonora (Muñoz *et al.*, 1999).

### Material biológico

La recolección de material biológico del insecto plaga y sus parasitoides se realizó con base en la metodología descrita por Mosiane *et al.* (2003) con la cual se efectuaron 15 muestreos del 1 de marzo al 21 de abril de 2005 cada 3-5 días, durante la etapa de formación y llenado de vaina. En cada muestreo se recolectaron manualmente al azar 240 hojas completamente desarrolladas y con daño ocasionado por la PDD. Las hojas se depositaron en bolsas de papel estraza y se llevaron al laboratorio de entomología del CEVAF, donde se cortó el área de la hoja circundante con larvas o pupas de PDD, pupas de *Diadegma insulare* y *Cotesia* sp., previamente identificadas (Cabanillas *et al.*, 2004) por Marco Antonio Reyes Rosas, Campo Experimental Río Bravo-INIFAP, Río Bravo, Tamaulipas, de acuerdo con las claves taxonómicas de Wharton *et al.* (1997), Cave (1995) y Gibson *et al.* (1997). Para la identificación también se usó material de referencia de la colección de insectos del Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados. Los insectos inmaduros se depositaron en recipientes de plástico etiquetados (11.5 cm

Bajío Region of México, DBM severely reduces yield and quality of broccoli (*Brassica oleracea botrytis*). If insecticides are not applied for pest control, the whole crop can lose its marketing value (Bujanos, 2000; Díaz-Gómez *et al.*, 2000). At the same time, DBM rapidly develops populations resistant to different toxicological insecticide groups that are used to combat it (Plapp *et al.*, 1992; Roush, 1997), and even to biological insecticides such as *Bacillus thuringiensis* (Shelton, 1993; Pérez *et al.*, 1995). Because of this, much importance has been given to the study of biological control using parasitoids (Andrews *et al.*, 1992; Talekar, 1992). Therefore, the objectives of this study were to identify DBM parasitoids and determine their percentage of natural parasitism.

## MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in the Valle del Fuerte experimental station (CEVAF) of the National Institute of Research in Forestry, Agriculture and Husbandry (INIFAP), in Juan José Ríos, Sinaloa (32 m, 25° 45' 36" N and 108° 48' 41" W) during the fall-winter 2004-2005 crop cycle. A 2.0 ha experimental plot planted with canola variety Hyola 401 was established on December 22 with no insecticide application. Agronomic management was done following the Guide for Canola Production in southern Sonora (Muñoz *et al.*, 1999).

### Biological material

The insect pest and its parasitoids were collected based on the methodology described by Mosiane *et al.* (2003) with which 15 samples were collected from March 1 to April 21, 2005, every 3 to 5 days during the stage of pod formation and filling. Collections consisted of 240 completely developed leaves with damage caused by diamondback moths collected manually at random. The leaves were deposited in brown paper bags and taken to the entomology laboratory of CEVAF, where the leaf area surrounding DBM larvae or pupae and *Diadegma insulare* and *Cotesia* sp. pupae, previously identified (Cabanillas *et al.*, 2004) by Marco Antonio Reyes Rosas of the Río Bravo INIFAP experimental station, Río Bravo, Tamaulipas, according to the taxonomic keys of Wharton *et al.* (1997), Cave (1995), and Gibson *et al.* (1997). Reference material from the insect collection of the Instituto de Fitosanidad of the Colegio de Postgraduados was also used for identification. The immature insects were deposited in labeled plastic recipients (11.5 cm upper diameter and 9.0 cm at the base, 7.5 cm high). The recipients were covered with organza secured with a rubber band to prevent the insects from escaping or other insects from entering. The larvae were fed tender canola foliage every other day until they completed development. They were kept in this way for two weeks until emergence of adult pests or parasitoids. The dead specimens were emptied into a Petri dish and separated using a stereoscopic microscope; the number of specimens per species in each sample was recorded.

diámetro en la parte superior y 9.0 cm en la base, y 7.5 cm altura), se cubrieron con tela de organza asegurada con una liga para evitar que los insectos escaparan o se introdujeran otros. Las larvas se alimentaron con follaje tierno de canola, cada dos días, hasta completar su desarrollo. Así se mantuvieron durante dos semanas para esperar la emergencia de adultos de la plaga o parasitoides. Los especímenes ya muertos de cada recipiente se vaciaron en una caja de Petri, se separaron utilizando un microscopio estereoscópico y se registró el número de especímenes por especie de cada muestra.

#### Preparación e identificación de los parasitoides

Los parasitoides emergidos se colocaron en frascos con capacidad de 50 mL con alcohol 70% y etiquetados. Las especies de parasitoides *D. insulare* y *Conura* sp., fueron corroboradas por Alejandro González Hernández de la Facultad de Ciencias Biológicas de la U.A.N.L., y José A. Sánchez García del CIIDIR-IPN, Oaxaca, corroboró a *Cotesia* sp., coincidiendo con la identificación previa de Marco A. Reyes Rosas. En el laboratorio del CEVAF se conservan fotografías y ejemplares de los parasitoides identificados.

#### Determinación del porcentaje de parasitismo y relación densodependiente hospedero-parasitoide

Se calculó el porcentaje de mortalidad aparente acorde con Rodríguez *et al.* (2000), para el parasitismo originado por cada especie, considerando que los especímenes obtenidos son parasitoides solitarios (se desarrolla un parasitoide en cada individuo PDD); el porcentaje de sobrevivencia y el de la mortalidad de PDD por causas desconocidas. Y también se calculó el coeficiente de correlación entre la fluctuación poblacional de la PDD y de cada especie de parasitoide, para determinar la relación densodependiente hospedero-parasitoide.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Parasitoides obtenidos

Se identificaron parasitoides de tres géneros pertenecientes a tres familias de Hymenoptera y uno de ellos se determinó hasta especie: *Diadegma insulare* (Cresson) (Ichneumonidae), *Cotesia* (= *Apanteles*) sp. (Braconidae) y *Conura* (= *Spilochalcis*) sp. (Chalcididae). El más abundante fue *D. insulare* con 168 especímenes (68.3% del total) y más del doble que *Cotesia* sp., (71 ejemplares, 28.9%) y *Conura* sp., siete avispietas (2.8% del total).

Se sabe que los tres géneros de parasitoides obtenidos parasitan larvas de PDD (CABI, 2005), y son los parasitoides más importantes de la PDD, por encima de los que parasitan huevecillos, como algunas especies del género *Trichogramma* (Trichogrammatidae) y pupas del género *Diadromus* (Ichneumonidae) (Lim, 1986). En el sur y sureste de Asia, las islas del Pacífico,

### Preparation and identification of the parasitoids

Emerged parasitoids were placed in 50 mL jars with 70% alcohol and jars were labeled. The species of the parasitoids *D. insulare* and *Conura* sp. were corroborated by Alejandro González Hernández from the School of Biological Sciences of the Autonomous University of Nuevo León, and José A. Sánchez García of the CIIDIR of the National Polytechnical Institute, Oaxaca, corroborated *Cotesia* sp., coinciding with the previous identification by Marco Reyes Rosas. Photographs and specimens of the identified parasitoids are preserved in the CEVAF laboratory.

### Determination of percentage of parasitism and host-parasitoid density-dependent ratio

Percentage of apparent mortality was calculated following Rodríguez *et al.* (2000) for parasitism of each species considering that the specimens obtained were lone parasitoids (one parasitoid develops inside of each DBM individual); also determined were survival rate and DBM mortality from unknown causes. Also the coefficient of correlation was calculated between the population fluctuation of DBM and of each species of parasitoid to determine the host-parasitoid density-dependent ratio.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Parasitoids obtained

Three genera of parasitoids belonging to three Hymenoptera families were identified and the species of one of them was determined: *Diadegma insulare* (Cresson) (Ichneumonidae), *Cotesia* (= *Apanteles*) sp. (Braconidae) and *Conura* (= *Spilochalcis*) sp. (Chalcididae). The most abundant was *D. insulare* with 168 specimens (68.3% of the total) and more than double those of *Cotesia* sp. (71 specimens, 28.9%), and seven *Conura* sp. wasps (2.8% of the total).

It is known that the three genera of parasitoids obtained attack DBM larvae (CABI, 2005) and are the most important parasites of DBM, more so than those that attack eggs as do some species of the genus *Trichogramma* (Trichogrammatidae) and pupae of the genus *Diadromus* (Ichneumonidae) (Lim, 1986). In South and Southeast Asia, Pacific Islands, Central America, the Caribbean and most of Africa south of the Sahara are the regions with the greatest problems caused by DBM since in these areas there are no effective parasitoids of the larvae, contrasting with the countries of continental Europe and North America, where there are numerous species of *Diadegma*, *Cotesia* and *Diadromus* (CABI, 2005).

Lee *et al.* (2004) state that *D. insulare* is native to Central America and attacks other pest species of Lepidoptera in cabbage; in North America this species

Centro América, El Caribe y la mayoría de sur Sahara, África, están las regiones con más problemas causados por la PDD, debido a que en estas áreas no hay parasitoides efectivos de larvas, en contraste con los países del continente Europeo y de América del norte, donde existen numerosas especies de *Diadegma*, *Cotesia* y *Diadromus* (CABI, 2005).

Lee *et al.* (2004) señalan que *D. insulare* es nativo de Centroamérica y ataca otras especies plaga de Lepidoptera en repollo; en Norteamérica esta especie es la más abundante en crucíferas sin aplicaciones de plaguicidas (Biever *et al.*, 1992). *D. insulare* alcanza porcentajes de parasitismo de 62 a 82% y origina que las larvas parasitadas reduzcan notablemente su alimentación (Okine *et al.*, 1996; Monnerat *et al.*, 2002).

Respecto del género *Cotesia*, Fitton y Walter (1991) señalan que es posible la existencia de un complejo de dos o más especies que atacan a la PDD, casi imposible de separar utilizando las características morfológicas tradicionales y en parte debido a que recientemente han sido reconocidos muchos nuevos géneros en la subfamilia Microgasterinae a la cual pertenece *Cotesia* (18 especies obtenidas de PDD). Sin embargo, *Cotesia plutellae* Kurdyumov es la principal especie que ataca a PDD. Diferentes autores, entre ellos Morallo-Rejesus y Sayavoc (1991) y CABI (2005) reportan parasitismo hasta de 90% y un daño reducido de PDD en crucíferas al realizar liberaciones masivas de *C. plutellae*.

Okine *et al.* (1996), Gaines (1997) y Pitkin (2004) reportan algunas especies de *Conura*: *C. pseudofulvovariiegata* (Becker), near *unimaculata* (Ashmead), *C. torvina* (Cresson), *C. hirtifemora* (Ashm.) y *C. side* (Walter), como hiperparásitos de especies de *Diadegma* y *Cotesia*. En el presente estudio el primer ejemplar de *Conura* obtenido (muestreo del 5 de abril de 2005) emergió de una pupa de *Cotesia* sp., y aunque los demás adultos se obtuvieron de pupas de PDD se desconoce si en realidad estos emergieron de PDD o de *D. insulare*, debido a que no se determinó si las pupas estuvieron parasitadas por *D. insulare*. Es difícil diferenciar pupas recientes de PDD parasitadas de las no parasitadas (Lee *et al.*, 2004). Existen estudios en los que se señala a *Conura albifrons* como parasitoide de PDD (CABI, 2005).

Es importante identificar las especies de *Cotesia* y *Conura* por el efecto que pueden tener en la regulación natural de la PDD. *Cotesia* sp. eventualmente puede ser considerado para la implementación de un programa de control biológico, y *Conura* podría ser un hiperparásito de *D. insulare* y de *Cotesia* que afecte la actividad parasítica de éstos. Según Fitton y Walter (1991), para su correcta identificación es necesario recurrir a investigaciones de características morfológicas, enzimáticas y genéticas.

is the most abundant in crucifers when pesticides are not applied (Biever *et al.*, 1992). *D. insulare* achieves parasitism percentages of 62 to 82% and causes the parasitized larvae to notably reduce feeding (Okine *et al.*, 1996; Monnerat *et al.*, 2002). Regarding the genus *Cotesia*, Fitton and Walter (1991) indicate that the existence of a complex of two or more species that attack DBM is possible; these species are almost impossible to separate using traditional morphological characteristics and also, partly, because recently many new genera of the subfamily Microgasterinae have been recognized to belong to *Cotesia* (18 species obtained from DBM). However, *Cotesia plutellae* Kurdyumov is the main species that attacks DBM. Different authors, among them Moralla-Rejesus and Sayavoc (1991) and CABI (2005), report up to 90% parasitism and decreased damage by diamondback moths in crucifers when *C. plutellae* is released massively.

Okine *et al.*, (1996), Gaines (1997) and Pitkin (2004) report species of *Conura*, such as *C. pseudofulvovariiegata* (Becker), near *unimaculata* (Ashmead), *C. torvina* (Cresson), *C. hirtifemora* (Ashm.) and *C. side* (Walter) to be hyperparasites of species of *Diadegma* and *Cotesia*. In this study the first specimen of *Conura* obtained (sampled on April 5, 2005) emerged from a pupa of *Cotesia* sp. and, although the rest of the adults were obtained from DBM pupae, it is not known whether they actually emerged from DBM or from *D. insulare* since it was not determined whether the pupae were parasitized by *D. insulare*. It is difficult to differentiate new DBM pupae that are parasitized from those that are not (Lee *et al.*, 2004). There are studies that indicate that point to *Conura albifrons* as a parasitoid of DBM (CABI, 2005).

It is important to identify the *Cotesia* and *Conura* species by the effect they may have in the natural control of DBM. *Cotesia* sp. may eventually be considered for the implementation of a biological control program, and *Conura* could be a hyperparasite of *D. insulare* and *Cotesia* affecting the parasitic activity of the latter two. According to Fitton and Walter (1991), in order to correctly identify them, it is necessary to resort to studies of morphological, enzymatic and genetic characteristics.

#### Percentage of parasitism and the host-parasitoid density-dependent ratio

The percentage of *D. insulare* parasitism by collection date (Table 1) varied from 25.0% to 80.0% (49.5% average of 15 sample collections). The most frequently observed values (mode) in the collections of March 27 to April 18 were  $58.7 \pm 6.30$ . Cabanillas *et al.* (2004) report that in the collection of 170 DBM

**Porcentaje de parasitismo y relación densodependiente hospedero-parasitoide**

El porcentaje de parasitismo de *D. insulare* por fecha de muestreo (Cuadro 1) tuvo una variación de 25.0% a 80.0% (promedio 49.5% en 15 muestreos), los valores más frecuentemente observados (moda) en los muestreos del 27 de marzo al 18 de abril, estuvieron alrededor de 58.7±6.30. Cabanillas *et al.* (2004) reportan que en la recolección de 170 pupas de PDD en canola sin aplicación de insecticidas realizada en el norte de Sinaloa, se obtuvieron 99 especímenes de *D. insulare*; en cuatro muestreos efectuados el 2, 9, 16 y 23 de enero de 2004, el porcentaje de parasitismo por fecha de muestreo fue 51.4%, 53.3%, 60.0% y 70.0%. Mosiane *et al.* (2003) estimaron porcentajes de parasitismo frecuentemente altos, entre 90 y 100% en canola en Sudáfrica. Los himenópteros parasitoides de PDD recolectados en campo fueron: *C. plutellae*, *Apanteles halfordi* Ulliyett (Braconidae), *Diadegma mollipla* (Holmgren) (Ichneumonidae), *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov) (Eulophidae), *Diadromus collaris* (Gravenhorst) (Ichneumonidae), y los hiperparásitos *Mesochorus* sp. (Ichneumonidae) y *Pteromalus* sp. (Pteromalidae). *C. plutellae* fue el más abundante con 55% del parasitismo total de PDD.

*Cotesia* sp. tuvo un parasitismo entre 0.0% y 75% (23.1% promedio) y con mayor frecuencia los valores fueron cercanos a 14.7±9.0, entre el 11 de marzo y el 14 de abril (Cuadro 1). En *Conura* sp., el parasitismo

pupae in canola without insecticide application in northern Sinaloa, 99 specimens of *D. insulare* were obtained, and in the four collections on January 2, 9, 16 and 23, 2004, the percentages of parasitism by collection date were 51.4%, 53.3%, 60.0%, and 70.0%. Mosiane *et al.*, (2003) estimated frequently high percentages of parasitism between 90 and 100% in South African canola. The Hymenopteron parasitoids of the DBM collected in the field were *C. plutellae*, *Apanteles halfordi* Ulliyett (Braconidae), *Diadegma mollipla* (Holmgren) (Ichneumonidae), *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov) Eulophidae), *Diadromus collaris* (Gravenhorst) (Ichneumonidae), and the hyperparasites *Mesochorus* sp. (Ichneumonidae) and *Pteromalus* sp. (Pteromalidae). *C. plutellae* was the most abundant with 55% of the total parasitism of DBM. *Cotesia* sp. had between 0.0% and 75% (23.1% average); values near 14.7±9.0 had the greatest frequency between March 11 and April 14 (Table 1). With *Conura* sp., parasitism was 0.0% to 20% (3.2% average); from March 1 to March 30 there was no parasitism of *Conura*. Given that this parasitoid can act as a hyperparasite, it is logical that it would begin its parasitic activity after the primary parasites are established in the crop.

The percentage of DBM survival was reduced, relative to the percentage of parasitism by *D. insulare* (Table 1) and even by *Cotesia* sp., revealing the importance of the presence and action of these natural enemies. The number of DBM specimens that died

**Cuadro 1. Parasitismo observado sobre la PDD en canola, por fecha de muestreo, en Juan José Ríos, Sinaloa, 2005<sup>†</sup>.  
Table 1. Observed parasitism on DBM in canola, by collection date, in Juan José Ríos, Sinaloa, 2005<sup>†</sup>.**

Fecha	Adultos PDD		Mort. Desc.		<i>Diadegma</i>		<i>Cotesia</i>		<i>Conura</i>	
	No.	%sobrv.	No.	%muert.	No.	%par.	No.	%par.	No.	%par.
01-mar	0	0.0	0	0.0	5	25.0	15	75.0	0	0.0
04-mar	3	14.3	0	0.0	7	33.3	11	52.4	0	0.0
08-mar	1	7.1	0	0.0	4	28.6	9	64.3	0	0.0
11-mar	3	18.7	3	18.7	6	37.5	4	25.0	0	0.0
14-mar	5	20.8	4	16.7	10	41.7	5	20.8	0	0.0
17-mar	2	11.1	8	44.4	7	38.9	1	5.6	0	0.0
22-mar	5	12.8	16	41.0	18	46.2	0	0.0	0	0.0
27-mar	4	10.8	6	16.2	24	64.9	3	8.1	0	0.0
30-mar	1	3.6	4	14.3	18	64.3	5	17.8	0	0.0
05-abr	0	0.0	4	16.0	13	52.0	7	28.0	1	4.0
08-abr	1	2.6	12	31.6	20	52.6	4	10.5	1	2.6
12-abr	1	3.8	6	23.1	14	53.8	3	11.5	2	7.7
14-abr	0	0.0	2	13.3	10	66.7	3	20.0	0	0.0
18-abr	2	14.3	1	7.1	8	57.1	1	7.1	2	14.3
21-abr	0	0.0	0	0.0	4	80.0	0	0.0	1	20.0
Media =	1.9	8.0	4.4	16.2	11.2	49.5	4.7	23.1	0.5	3.2

Mort. Desc. = mortalidad desconocida; %sobrv. = % de sobrevivientes; %muert. = % de muertos; %par. = % de parasitismo.

<sup>†</sup>Temperatura ambiental: la máxima media fluctuó de 29.6 a 32.6 °C y la mínima media varió de 10.8 a 13.3 °C (Ruiz *et al.*, 2005); y 60 a 85% HR.

fue de 0.0% a 20% (promedio 3.2%), entre el uno y el 30 de marzo no hubo parasitismo de *Conura*. Dado que este parasitoide puede actuar como hiperparásito, es lógico que inicie su actividad parasítica después de que los parasitoides primarios se establecen en el cultivo.

El porcentaje de supervivencia de la PDD se redujo en relación con el porcentaje de parasitismo por *D. insulare* (Cuadro 1) e incluso de *Cotesia* sp., revelando la importancia de la presencia y acción de estos enemigos naturales. La cantidad de ejemplares de PDD que murieron por causa desconocida fue mayor (del 17 de marzo al 14 de abril) que la de sobrevivientes, pero se ignora si el confinamiento tuvo algún efecto o se recolectaron en campo ya afectadas por factores bióticos o abióticos desconocidos. Diferentes especies de parasitoides en estado adulto se alimentan de sus hospederos para poder producir huevecillos, originándoles la muerte en muchas ocasiones (Clausen, 1940).

El parasitismo de *D. insulare* aumentó a lo largo de las fechas de muestreo, con picos máximos el 27 y 30 de marzo, 14 y 21 de abril de 2005. Durante los primeros 11 muestreos el desarrollo de las poblaciones de la PDD y la avispa *D. insulare* fue similar, indicando una estrecha relación densodependiente hospederoparasitoide ( $R^2=0.85$ ), una característica básica del control biológico y un atributo biológico, y ecológico deseable de los enemigos naturales efectivos (Rodríguez *et al.*, 2000). La actividad parasítica de *Cotesia* sp., contrastó con la de *D. insulare*; el porcentaje de parasitismo fue mayor en los tres primeros muestreos en el periodo de temperaturas más frescas (temperaturas máximas medias de 30 °C y menores, en el área de estudio, Ruiz *et al.*, 2005); luego disminuyó y tuvo un ligero ascenso en los muestreos del 30 de marzo y el 5 de abril, concordando con Talekar (1993), quien señala que en un estudio realizado en Taiwan un intervalo de temperatura de 20 a 30 °C fue óptimo para la actividad parasítica de esta especie; *Cotesia* sp., mostró densodependencia reducida con PDD ( $R^2=0.12$ ). *Conura* sp. no mostró densodependencia con la PDD y se presentó hasta los muestreos del 5 al 21 de abril, cuando la población de PDD había declinado. No obstante, en los dos últimos muestreos su porcentaje de parasitismo fue mayor que el de *Cotesia* (Cuadro 1).

Los altos porcentajes de parasitismo observados pudieron estar favorecidos porque en el cultivo de canola donde se realizó la evaluación no se hicieron aspersiones de plaguicidas. De acuerdo con CABI (2005), el uso amplio, frecuente e indiscriminado de insecticidas convencionales ha frustrado esfuerzos recientes y retrasado el establecimiento de enemigos naturales de la PDD y sus efectos benéficos. Diversos autores sugieren el empleo de insecticidas biológicos conjuntamente

from unknown causes was greater (from March 17 to April 14) than that of survivors, but it is not known whether confinement had some effect or whether those collected in the field were already affected by unknown biotic or abiotic factors. Different species of parasitoids in the adult stage feed on their hosts to produce eggs, frequently causing their death (Clausen, 1940).

Parasitism of *D. insulare* increased over the collection dates, with maximum peaks on March 27 and 30 and April 14 and 21, 2005. During the first 11 collections, DBM and *D. insulare* wasp populations were similar, indicating a close host-parasitoid density-dependent relationship ( $R^2=0.85$ ), a basic characteristic of biological control and a desirable biological and ecological attribute of effective natural enemies (Rodríguez *et al.*, 2000). The parasitic activity of *Cotesia* sp. contrasted with that of *D. insulare*; the percentage of parasitism was higher on the first three collection dates during the period in which temperatures are cooler (mean maximum temperatures of 30 °C or lower in the study area, Ruiz *et al.*, 2005); later decreased but rose slightly on the March 30 and April 5 collection dates. This coincides with Talekar (1993), who reported that in a study in Taiwan a temperature range of 20 to 30 °C was optimal for the parasitic activity of this species; *Cotesia* sp. exhibited low density-dependence with DBM ( $R^2=0.12$ ). *Conura* sp. did not exhibit density-dependence with DBM and did not appear until the collections from April 5 to 21, when the DBM population had decreased. Nevertheless, on the last two collection dates, its parasitism percentage was higher than that of *Cotesia* (Table 1).

The high percentages of parasitism observed could have been favored by the fact that in the canola crop, where the assessment was conducted, pesticides were not sprayed. According to CABI (2005), the widespread, frequent and indiscriminate use of conventional insecticides has frustrated recent efforts and has delayed the establishment of natural enemies of DBM and their beneficial effects. Several authors suggest the use of biological insecticides, which have lesser effects on entomophagous organisms, together with the release of DBM parasitoids (Kariuki and McIntosh, 1999; Yoon *et al.*, 1999). Also, some crops, such as canola, are very attractive for numerous species of beneficial entomophagous and pollinating insects. Indeed, it is suggested that strips between different crops be established as alternate refuges for these natural enemies as their source of supplementary food and safety in order to promote their presence and conservation in the crop (Gurr *et al.*, 2000).

The results obtained are important for the eventual development of a biological control program for DBM through the conservation and increase of *D. insulare*

con liberaciones de parasitoides de PDD (Kariuki y McIntosh, 1999; Yoon *et al.*, 1999) los cuales tienen un efecto menor sobre los entomófagos. Además algunos cultivos, como la canola, son muy atractivos para numerosas especies de insectos benéficos, entomófagos y polinizadores, e incluso se sugiere su establecimiento en franjas, en diferentes cultivos como refugio alternativo de esos enemigos naturales, fuente de alimento suplementario y resguardo, con el fin de promover su presencia y conservación en el cultivo en explotación (Gurr *et al.*, 2000).

Los resultados obtenidos son importantes para el eventual desarrollo de un programa de control biológico de la PDD por conservación o aumento de *D. insulare* en canola, con el propósito de ofrecer alternativas ecológicas basadas y evitar que se generalice el empleo indiscriminado de insecticidas, en un cultivo de reciente introducción que se trata de consolidar en el sur de Sonora y norte de Sinaloa. También se podría exportar pies de cría de *D. insulare* al Bajío, donde se cultivan alrededor de 30 000 ha de brócoli con un valor superior a \$US63 millones de dólares y las evaluaciones de parasitismo natural de diferentes especies parasitoides incluyendo *D. insulare* y *C. plutellae* muestran porcentajes (Bujanos *et al.*, 1993; Bujanos, 2000) menores a los obtenidos en el presente estudio. Como antecedente, es importante mencionar que *D. insulare* y *Cotesia* sp., se reproducen y comercializan en Estados Unidos de América para el control biológico aumentativo de PDD en cultivos comerciales (M.I.R., 2002). El presente estudio es el primer reporte formal de parasitismo de la PDD en canola en México.

### CONCLUSIONES

Se identificaron tres géneros de parasitoides pertenecientes a tres familias de Hymenoptera: *Diadegma insulare* (Cresson) (Ichneumonidae), *Cotesia* sp. (Braconidae) y *Conura* sp. (Chalcididae). *D. insulare* presentó el porcentaje de parasitismo más elevado (25.0% a 80.0%; promedio 49.5%) y su parasitismo aumentó a través de las fechas de muestreo, igual que la plaga, revelando una estrecha relación densodependiente hospedero-parasitoide. *Cotesia* sp., mostró un parasitismo entre 0.0 y 75.0% (23.1% promedio), mientras que el parasitismo de *Conura* sp. fue de 0.0 a 20% (promedio 3.2%).

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al M.C. Marco Antonio Reyes Rosas, al Dr. Alejandro González Hernández y al Dr. José A. Sánchez García la identificación de los parasitoides en este estudio.

in canola, with the aim of offering ecologically based alternatives and of preventing the generalized indiscriminant use of insecticides in this recently introduced crop that is being consolidated in southern Sonora and northern Sinaloa. Also, it would be possible to export *D. insulare* breeding stock to the Bajío Region where around 30 000 ha of broccoli valued at more than \$63 million US dollars is cultivated and where natural parasitism of different parasitoid species, including *D. insulare* and *C. plutellae* show lower percentages (Bujanos *et al.*, 1993; Bujanos, 2000) than those obtained in our study. As background, it is important to mention that *D. insulare* and *Cotesia* sp. are bred and marketed in the United States for augmentative DBM control in commercial plantations (M.I.R., 2002). This study is the first formal report of parasitism in DBM in canola in Mexico.

### CONCLUSIONS

Three genera of parasitoids belonging to three Hymenoptera families were identified: *Diadegma insulare* (Cresson) (Ichneumonidae), *Cotesia* sp. (Braconidae) and *Conura* sp. (Chalcididae). *D. insulare* had a higher percentage of parasitism (25.0% to 80.0%; 49.5% average), which parasitism increased over the collection dates, at the same rate as the pest population, revealing a close host-parasitoid density-dependent relationship. *Cotesia* sp. exhibited parasitism between 0.0 and 75.0% (23.1% average), while parasitism of *Conura* sp. was 0.0 to 20% (average 3.2%).

—End of the English version—



### LITERATURA CITADA

- Andrews, K. L., R. Sanchez, and R. D. Cave 1992. Management of diamondback moth in Central America. *In: Diamondback Moth and Other Crucifer Pests*. Talekar, N. S. (ed). Proc. Second Int. Workshop. Shanhu, Taiwan. Asian Vegetable Research and Development Center. pp: 487-497.
- Biever, K. D., R. L. Chauvin, G. L. Reed, and R. C. Wilson. 1992. Seasonal occurrence and abundance of lepidopterous pests and associated parasitoids on collards in the northwestern United States. *J. Entomol. Sci.* 27(1): 5-18.
- Bujanos, M., R. 2000. Manejo integrado de plagas en crucíferas. *In: Temas Selectos en Fitosanidad y Producción de Hortalizas*. Bautista, M. N., A. D. Suárez V., y O. Morales G. (eds) Colegio de Postgraduados-Instituto de Fitosanidad. Montecillo, Texcoco, Estado de México. pp: 47-61.
- Bujanos, M., R., A. Marín J., F. Galván C., y K.F. Byerly M. 1993. Manejo integrado de la palomilla dorso de diamante; *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) en el Bajío, México. SARH-INIFAP-PIAFEG-APFVG. Publicación Especial Núm. 4. PM Intergraphic. San Miguel de Allende, Guanajuato, México. 36 p.

- Cabanillas, D. E., E. Cortez M., y M. A. Reyes R. 2004. Parasitoides de la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) en canola, en el norte de Sinaloa. XXVII Congreso Nacional de Control Biológico. Los Mochis, Sinaloa. pp: 375-378.
- CABI (Centre for Applied Biosciences International). 2005. Crop Protection Compendium. Wallingford, UK. CAB INTERNATIONAL. pp: s/n.
- Cave, R. D. 1995. Parasitoides de Plagas Agrícolas en América Central. Zamorano Academic Press. Tegucigalpa, Honduras. 201 p.
- Clausen, C. P. 1940. Entomophagous Insects. McGraw-Hill, N. Y. 688 p.
- Díaz-Gómez, O., J. C. Rodríguez, A. M. Shelton, A. Lagunes-Tejeda, and R. Bujanos-Muñiz. 2000. Susceptibility of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) populations in Mexico to commercial formulations of *Bacillus thuringiensis*. J. Econ. Entomol. 93(3): 963-970.
- Fitton, M., and A. Walter. 1991. Hymenopterus parasitoids associated with diamondback moth: the taxonomic dilemma. In: Diamondback Moth and Other Crucifer Pests. Talekar, N.S. (ed.) Proc. Second Int. Workshop. Shanhua, Taiwan. Asian Vegetable Research and Development Center 25: 225-232.
- Gaines, D. N. 1997. Studies on *Conura torvina* (Hymenoptera: Chalcididae) reproduction and biology in relation to hosts in *Brassica* Crops. <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/>. 24 de marzo de 2006.
- Gibson, G. A. P., J. T. Huber, and J. B. Woolley. 1997. Annotated Keys to the Genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera). NCR Research Press, Ottawa, Ontario, Canada. 794 p.
- Gurr, G. M., S. D. Wratten, and P. Barbosa. 2000. Success in conservation biological control of Arthropods. In: Biological Control: Measures of Success. Gurr, G., and S. Wratten (eds). Kluwer Acad. Publish. Boston, U.S.A. p. 125.
- Kariuki, C. W., and A. H. McIntosh. 1999. Infectivity studies of a new baculovirus isolate for the control of the diamondback moth (Plutellidae: Lepidoptera). J. Econ. Entomol. 92(5): 1093-1098.
- Lee, J. C., M. A. Carrillo, and W. D. Hutchison. 2004. *Diadegma insulare*. Department of Entomology, University of Minnesota. <mailto:%20copyright@extension.umn.edu> 07 de noviembre de 2006.
- Lim, G. S. 1986. Biological control of diamondback moth. In: Diamondback Moth Management. Proceedings of the First International Workshop, Tainan, Taiwan, 11-15 March, 1985. Shanhua, Taiwan; Asian Vegetable Research and Development Center. pp: 159-171.
- M. I. R. (Meisterpro Information Resources). 2002. Farm Chemicals Handbook; Global Guide to Crop Protection 2002. Volume 88. Meisterpro Information Resources. Willoughby, OH. C. pp: C 16 y C 140.
- Monnerat, R. G., A. A. Kirk, and D. Bordat. 2002. Biology of *Diadegma* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae), from Reunion Island. Neotrop. Entomol. 31(2): 271-274.
- Morallo-Rejesus, B., and A.S. Sayavoc. 1991. Management of diamondback moth with *Cotesia plutellae*: Prospects in the Philippines. In: Diamondback moth and other crucifer pests. Talekar, N. S. (ed). Proc. Second Int. Workshop. Shanhua, Taiwan. Asian Vegetable Research and Development Center 31: 279-286.
- Mosiane, S. M., R. Kfir, and M. H. Villet. 2003. Seasonal phenology of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), (Lepidoptera: Plutellidae), and its parasitoids on canola, *Brassica napus* (L.), in Gauteng province, South Africa. African Entomology 11(2): 277-285.
- Muñoz, V. S., C. A. Morales, J. E. Ortiz, E., J. M. Cortés, J., y E. Contreras de la C. 1999. Guía para Producir Canola en el Sur de Sonora. INIFAP-CIRNO-CEVY. Folleto para Productores Núm. 33. Fundación Produce Sonora, A. C.-PIEAS, A. C. Cd. Obregón, Son. 28 p.
- Okine, J. S., E. R. Mitchell, and G. Y. Hu. 1996. Low temperature effect on viability of *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae) pupae and effect of this parasitoid on feeding rate of diamondback moth larvae (Lepidoptera: Plutellidae). Fla. Entomol. 79: 503-509.
- Perez, C., J., A. M. Shelton, and R. C. Derksen. 1995. Effect of application technology and *Bacillus thuringiensis* subspecies on management of *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* -resistant diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). J. Econ. Entomol. 88: 1113-1119.
- Pitkin, B. R. 2004. Notes on Families Chalcidoidea. Natural History Museum, London. <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/projects/chalcidooids/chalcididae.html>. 20 de marzo de 2006.
- Plapp Jr., F. W., J. J. Magaro, and J. V. Edelson, 1992. Diamondback moth in South Texas: A technique for resistance monitoring in the field. In: Diamondback Moth and other Crucifer Pests. Talekar, N. S. (ed). Proc. Second Int. Workshop. Shanhua, Taiwan. Asian Vegetable Research and Development Center pp: 443-446.
- Rodríguez del B., L. A., M. H. Badii, y A. E. Flores. 2000. Bases ecológicas del control biológico. In: Fundamentos y Perspectivas de Control Biológico. Badii, M. H., A. E. Flores y L. J. Galán W. (eds). UANL. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. pp: 19-31.
- Roush, R. T. 1997. Insecticide resistance management in diamondback moth: quo vadis?. In: Proc. Third Int. Workshop on the Management of Diamondback Moth and other Crucifer Pests. Sivapragasam, A., W.H. Loke, A.H. Kadir, and G.S. Lim, (eds). MARDI, Ministry of Agriculture. Malaysia. pp: 21-24.
- Ruiz, C., J. A., G. Medina G., J. Macías C., M. M. Silva S., y G. Díaz P. 2005. Estadísticas Climatológicas Básicas del Estado de Sinaloa (Periodo 1961-2003). Libro Técnico Núm. 2. INIFAP-SAGARPA-Centro de Investigación Regional del Noroeste. Prometeo Editores, S.A. de C.V. Guadalajara, Jalisco. 151 p.
- Shelton, A. M. 1993. Resistance of diamondback moth to *Bacillus thuringiensis* subspecies in the field. In: Seminar Proc. Global Manag. Insecticide Resistance in the 90's. Lake Bluff, Illinois. USA. pp: 71-75.
- Talekar, N. S. 1992. Integrated management of diamondback moth: a collaborative approach in Southeast Asia. Integrated pest management in the Asia-Pacific region. pp: 37-49.
- Talekar, N. S. 1993. Introduction of *Diadegma semiclausum* for the control of diamondback moth in Taiwan. In: Diamondback Moth and Other Crucifer Pests. Talekar N.S. (ed). Proceedings of the Second International Workshop. Shanhua, Taiwan: Asian Vegetable Research and Development Center. pp: 263-270.
- Talekar, N. S., and A. M. Shelton. 1993. Biology, ecology and management of the diamondback moth. Ann. Rev. Entomol. 38: 275-301.
- Wharton, R. A., P. Marsh, and M. Sharkey (eds). 1997. Manual of the New World Genera of the Family Braconidae (Hymenoptera). Special Publication of the International Society of Hymenopterists. Washington, D C 1: 1-439.
- Yoon, C. S., G. H. Sung, H. S. Park, S. G. Lee, and J. O. Lee. 1999. Potential of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* strain CS-1 as a biological control agent of *Plutella xylostella* (Lep., Yponomeutidae). J. Appl. Entomol. 123(7): 423-425.