

RELACIÓN DE *Plutella xylostella* L. (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) CON LA TEMPERATURA Y SU PARASITOIDE *Diadegma insulare* (HYMENOPTERA: ICHNEUMONIDAE) EN BRÓCOLI (*Brassica oleracea* var. *italica*) EN EL BAJÍO GUANAJUATENSE

Oscar Alejandro Martínez-Jaime¹✉, Manuel Darío Salas-Araiza¹, José Antonio Díaz-García², Diana Sanzón-Gómez¹ y Rafael Guzmán-Mendoza¹

¹Departamento de Agronomía, División Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. Ex-Hacienda “El Copal”, Km. 9; carretera Irapuato-Silao. C. P. 36500. Irapuato, Guanajuato, México. Teléfono y Fax 01 462 62 4 18 89.

²Departamento de Estadística y Cálculo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. C. P. 25315. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

✉ Autor de correspondencia: oscarja@ugto.mx

RESUMEN. Utilizando información disponible de 1989 a 1992, se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson para conocer el grado de asociación de estados inmaduros (larvas y pupas) de *Plutella xylostella* con la temperatura ($r = 0.94$) y su parasitoide ($r = 0.84$) en el cultivo de brócoli en “El Bajío”. Posteriormente, a través de la técnica de regresión múltiple, se obtuvo la función polinómica de segundo grado:

$$Y = 355.684 + 2.10753 X - 44.8264 T + 1.41445 T^2$$

donde Y fue el promedio mensual de larvas y pupas, X fue el promedio mensual de adultos del parasitoide *Diadegma insulare*, y T fue el promedio de la temperatura media mensual, durante los cuatro años que abarcó el presente trabajo. Este resultado aporta información que puede ayudar al manejo integrado de esta plaga en brócoli en la región de “El Bajío”, recurriendo al control biológico natural, para evitar el uso excesivo de insecticidas.

Palabras clave: Regresión múltiple, *Plutella xylostella*, *Diadegma insulare*, temperatura.

Relationship of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) with the temperature and its parasitoid *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae) in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) in “el Bajío”

ABSTRACT. Using information available from 1989 to 1992, Pearson correlation coefficients were calculated to determine the association grade of immature stages (larvae and pupae) of *Plutella xylostella* with the temperature ($r = 0.94$) and their parasitoid ($r = 0.84$) in broccoli crop in “El Bajío”. Subsequently, through the multiple regression technique, the polynomial function of second degree was obtained:

$$Y = 355.684 + 2.10753 X - 44.8264 T + 1.41445 T^2$$

where Y was the average monthly of larvae and pupae, X was the average monthly of adults of the parasitoid *Diadegma insulare*, and T was the average of the mean monthly temperature, during the four years covered by this study. This result provides information that it can help to the integrated management of this pest in the region of “El Bajío”, using natural biological control, to avoid the use excessive of insecticides.

Keyword: Multiple regression, *Plutella xylostella*, *Diadegma insulare*, temperature.

INTRODUCCIÓN

En México los cultivos de crucíferas tienen una buena rentabilidad (Almaguer *et al.*, 2012). En el Bajío Guanajuatense, la superficie sembrada de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) es de aproximadamente 10,860 ha en el año 2016 con una producción de 157,217 t (SIAP, 2016), que se destina al mercado de exportación. La palomilla dorso de diamante (PDD) *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) es la plaga más importante de las crucíferas, debido a que eleva los costos de producción de manera considerable, por lo complicado de su manejo y control; además del daño indirecto que ocasiona por la contaminación del producto cosechado en detrimento de su calidad

comercial (Shelton *et al.*, 1993). La PDD se encuentra distribuida en todos los países donde se cultivan crucíferas, su elevada capacidad colonizadora se debe a la rapidez de su ciclo en la etapa larvaria, pasando del primer al cuarto instar en 18.6 días a 23 °C (Salazar-Solís y Salas-Araiza, 2008); es una especie multivoltina que alcanza 10 generaciones al año en regiones de clima templado y hasta 20 en zonas tropicales (Talekar y Shelton, 1993). Las poblaciones de la PDD desarrollan resistencia a los insecticidas muy rápidamente (Cortez y Macías, 2007), incluyendo a *Bacillus thuringiensis* (Shelton y Pérez, 1993). A fin de contrarrestar en parte esta situación, otra alternativa de control biológico es el uso de agentes efectivos, Jankowska y Wiech (2006) mencionaron que existen más de 90 especies que atacan a la larva o a la pupa de la PDD; dentro de sus enemigos naturales, *Diadegma insulare* (Cresson, 1865) (Hymenoptera: Ichneumoidae) ha sido utilizada ampliamente por su eficacia como parasitoide de diferentes estadios de la PDD (Talekar y Yang, 1993); parasita desde el primero hasta el tercer estadio larval y mata al hospedero en el estado de prepupa, después de que se forma el pupario (Idris y Grafius, 2001). El parasitismo natural de esta avispa es del 62.5 % en Irapuato, Guanajuato (McCully y Salas-Araiza, 1992). Salazar-Solís y Salas-Araiza (2008), manifestaron que la capacidad de parasitar de este ichneumónido se incrementa marcadamente cuando tiene fuentes de agua adecuadas, y cuando se hacen liberaciones masivas puede incrementarse aún más el control natural de la PDD, llegando al 90 % (Xu *et al.*, 2001). La temperatura es el principal factor del clima que influye sobre el desarrollo y supervivencia de *P. xylostella*, la cual puede completar su ciclo en 19 a 28 días entre los 10 a 32.5 °C (Marchioro y Foerster, 2011), aunque sus larvas pueden desarrollarse con éxito entre los 4 y 38 °C (Sarfraz *et al.*, 2005). Asimismo, entre 19 y 22 °C, *D. insulare* puede pasar de huevo a adulto en 16 días aproximadamente (Ochoa *et al.*, 1989). Las temperaturas bajas afectan el parasitismo de *Diadegma* sp. sobre larvas de la PDD, de hecho no hay oviposición de las hembras de la avispa por debajo de los 15 °C, mientras que entre 20 y 29 °C el índice de parasitismo alcanza el 70 % (Monnerat *et al.*, 2002). Para contribuir con estrategias de manejo integrado de la PDD en el cultivo de brócoli, se planteó el presente trabajo con el objetivo de determinar la relación de densodependencia de estados inmaduros (larvas y pupas) de *P. xylostella* con la temperatura ambiental media y con adultos de su parasitoide natural *D. insulare*, utilizando conteos y registros meteorológicos disponibles de cuatro años (1989-1992) en la región del Bajío Guanajuatense.

MATERIALES Y MÉTODO

El presente estudio se realizó del 1 de enero de 1989 al 31 de diciembre de 1992 en el campo experimental de la División de Ciencias de la Vida (DICIVA) de la Universidad de Guanajuato (UG), ubicado en la Ex-Hacienda “El Copal”, en Irapuato, Guanajuato, México (20° 44' 39" N y 101° 19' 39" O), a 1757 msnm, con clima BS(hw)(h)(e) semicálido subhúmedo con lluvias en verano (García, 2004) y una temperatura media anual de 19.4 °C (CONAGUA, 2015). Las larvas y pupas de la PDD se recolectaron en una parcela de brócoli del cultivar Green Valiant de aproximadamente 0.5 ha, sin aplicación de insecticidas. Para poder efectuar los conteos de insectos cada semana, las plantaciones se hicieron cada dos meses, logrando así tener disponibilidad del cultivo durante todo el ensayo. En toda la parcela experimental y de manera aleatoria, se revisaron semanalmente 25 plantas completas por cada fecha de muestreo, recolectando solamente larvas de tercer y cuarto estadio y pupas de *P. xylostella*, ambas se mantuvieron en cajas de Petri de manera individual. Las larvas fueron alimentadas con hojas de brócoli hasta que alcanzaron el estado de pupa. Durante los cuatro años que abarcó este trabajo, se registraron el número de larvas y pupas de la palomilla, así como los adultos del parasitoide que emergieron de las pupas, utilizando para el análisis posterior la suma mensual de ambos

estados de *P. xylostella*, así como la suma mensual de adultos de *D. insulare*. La información sobre la temperatura media se obtuvo de la estación meteorológica “El Copal”. Se consideró como variable dependiente (Y) el promedio mensual del número de estados inmaduros de la PDD, y como variables independientes el promedio mensual del número de adultos del parasitoide *D. insulare* (X) y el promedio mensual de la temperatura media (T) de 1989 a 1992, con la finalidad de obtener el modelo de regresión múltiple de mejor ajuste, a través de una función polinomial, para lo cual se utilizó el paquete Statgraphics (Statgraphics Plus Ver. 5.1 Professional, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las fluctuaciones de los estados inmaduros de la PDD y de adultos de *D. insulare* durante cuatro años presentaron las mayores abundancias de abril a septiembre (Fig. 1), con los picos más altos de mayo a julio, coincidiendo con lo encontrado por Salas-Araiza *et al.* (1993) para El Bajío pero con el estado adulto de *P. xylostella*, al concluir que las palomillas se encuentran en brócoli de abril a septiembre y alcanzaron su número máximo cuando la temperatura es más alta (mayo); estos mismos autores, determinaron que el ciclo de desarrollo de la PDD en invierno y principios de primavera fue aproximadamente de 24 días, mientras que en verano el periodo se acortó dos días debido a la alta temperatura, mientras que el ciclo de vida de *D. insulare* tardó alrededor de 16 días, tal como lo manifestaron Carballo *et al.* (1989), quienes argumentaron que existe una aparente sincronía entre los ciclos de desarrollo de huésped y parásito.

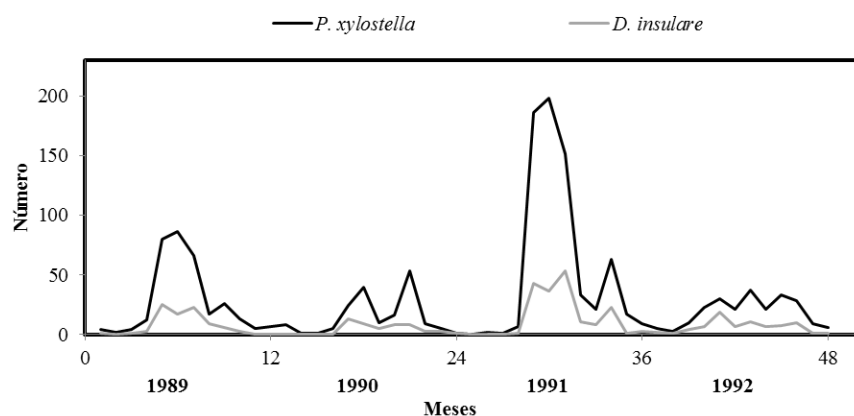


Figura 1. Fluctuaciones de larvas y pupas de *P. xylostella* y adultos de *D. insulare* en brócoli. Irapuato, Guanajuato, México.

Para medir del grado de asociación entre el número de estados inmaduros de *P. xylostella* con la temperatura, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson, cuyo valor fue $r = 0.94$, lo que permite concluir que cuando la temperatura media va en aumento en el intervalo de 14.2 a 21.0 °C para la zona del Bajío, la cantidad de larvas y pupas también se eleva. De manera análoga, se encontró una correlación positiva ($r = 0.84$) entre larvas y pupas de la PDD con los adultos de *D. insulare*, indicando una estrecha relación densodependiente entre el hospedero y su parasitoide, este mismo comportamiento fue observado por Idris y Grafius (2001), quienes señalaron que la abundancia de *D. insulare* está estrechamente relacionada con un alto número de larvas de PDD en brócoli; este comportamiento es una característica fundamental en el control biológico, y un atributo ecológico deseable que deben poseer los enemigos naturales cuando son eficientes (Rodríguez *et al.*, 2000), aunque un estudio realizado en Taiwan señaló que la actividad parasítica

óptima de esta avispa, requiere una temperatura dentro del intervalo de 20 a 30 °C (Talekar, 1993).

Posteriormente, se procedió a obtener el modelo de mejor ajuste, considerando como variable dependiente (Y) el promedio mensual del número de estados inmaduros de la PDD, y como variables independientes el promedio mensual del número de adultos de *D. insulare* (X) y el promedio mensual de la temperatura media (T) de 1989 a 1992, utilizando la técnica de regresión múltiple, obteniendo la forma funcional de un polinomio de segundo grado definido por: $Y = 355.684 + 2.10753 X - 44.8264 T + 1.41445 T^2$. Los criterios para seleccionar este modelo fueron el valor del estadístico $F = 49.88$ y su respectiva probabilidad ($P = 0.0000^{**}$) del análisis de varianza de la regresión (Cuadro 1), por lo tanto, el modelo es significativo dada la influencia de ambas variables predictoras sobre la variable respuesta, así como el valor del coeficiente de determinación ($R^2 = 0.95$), el cual constituye una medida de bondad de ajuste que permite recomendar el modelo obtenido como una herramienta adecuada de estimación. Análogamente, con la técnica de regresión en el mismo periodo, se estimó el número de adultos de la PDD en brócoli del Bajío, usando como variables regresoras la temperatura y la precipitación, consiguiendo ajustes similares al obtenido en este estudio, $R^2 = 0.95$ y 0.98 para hembras y machos, respectivamente (Martínez-Jaime *et al.*, 2016).

Cuadro 1. Análisis de varianza del modelo de regresión múltiple para estimar el número de estados inmaduros de *P. xylostella* en términos de la temperatura media y del número de adultos de *D. insulare*.

Fuentes de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Valor de F	Valor de P
Modelo	3	9948.810	3316.27	49.88	0.0000 **
Error Estándar	8	531.854	66.482		
Total	11	10480.700			

La abundancia de estados inmaduros de la PDD durante los años de estudio, no mostró un patrón de aparición uniforme que mantuviera consistencia de un año a otro, en este sentido, Braga y Rezende (2015) mencionaron que las variaciones en las poblaciones de insectos fitófagos específicos no son estables, lo que con frecuencia las hace impredecibles, aunque Idris y Grafius (2001), observaron que la actividad parasítica de *D. insulare* no es afectada por las variaciones en temperatura y humedad relativa, lo que demuestra la plasticidad del comportamiento de este parasitoide; aunque la PDD sobrevive mejor a temperaturas extremas que su parasitoide *D. insulare*, y las larvas de muchos artrópodos son más termotolerantes que sus adultos, particularmente la PDD se adapta mejor a temperaturas de hasta 40 °C, siempre que el cambio sea gradual (Bahar *et al.*, 2013). El resultado de este trabajo es importante para el manejo integrado de la PDD, ayudando a la conservación de agroecosistemas de agricultura intensiva, al respecto Scalco *et al.* (2016), afirmaron que la determinación de la dinámica poblacional de los insectos plaga, su epidemiología y control biológico son temas centrales en ecología. Finalmente, el modelo ajustado pudiera aplicarse en la estimación de relaciones entre poblaciones insectiles (huésped-parásito) de diferentes áreas agroecológicas, colaborando en aspectos de conservación y evitando el uso excesivo y generalizado de insecticidas.

CONCLUSIÓN

Se estimó el número de estados inmaduros de *P. xylostella* en términos de la temperatura (T) y la cantidad de adultos de *D. insulare* (X), a través de la obtención de un modelo con forma funcional de un polinomio de segundo grado, utilizando la técnica de regresión múltiple. Este resultado aporta información para plantear estrategias al desarrollar un programa de manejo

integrado de la PDD en brócoli en la región del Bajío, basado de manera preponderante en el control biológico natural, con lo cual se pretende además, ofrecer alternativas ecológicas para evitar el empleo indiscriminado de insecticidas.

Agradecimientos

Los autores expresan un amplio agradecimiento a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, a la Junta Local de Sanidad Vegetal de la Comarca Lagunera del Estado de Coahuila y a la Ing. Aurora Ávila García por el apoyo y facilidades brindadas durante el estudio.

Literatura Citada

- Almaguer, V. G., Ayala, G. A. V., Schwentesius, R. R. y D. M. S. Jarquín. 2012. Rentabilidad de hortalizas en el Distrito Federal, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(4): 643–654.
- Bahar, M. H., Hegedus, D., Soroka, J., Coutu, C., Bekkaoui D. and L. Dosdall. 2013. Survival and *Hsp70* gene expression in *Plutella xylostella* and its larval parasitoid *Diadegma insulare* varied between slowly ramping and abrupt extreme temperature regimes. *PLOS ONE*, 8(9): e73901. [Doi:10.1371/journal.pone.0073901](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073901).
- Braga, L. and D. I. Rezende. 2015. The abundance of specialist and generalist lepidopteran larvae on a single host plant species: Does spatial scale matter? *Florida Entomologist*, 98(3): 954–961.
- Carballo, M., Ochoa, R. y J. R. Quezada. 1989. Algunos aspectos de la biología y comportamiento de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) y de su parasitoide *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Manejo Integrado de Plagas*, 11: 21–30.
- CONAGUA. 2015. *Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional. Periodo 1951-2010*. Disponible en: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=181:guajajuato&catid=14:normales-por-estacion. (Fecha de consulta: 23-VI-2016).
- Cortez, M. E. y C. J. Macías. 2007. Parasitismo natural de la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* L. en canola (*Brassica napus* L.), en el norte de Sinaloa, México. *Agrociencia*, 41(3): 347–354.
- García, E. 2004. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen: para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana*. Instituto de Geografía. UNAM. México, D.F. 90 pp.
- Idris, A. B. and E. Grafius. 2001. Effects of plant density on abundance of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) and *Diadegma insulare* (Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae). *International Journal of Pest Management*, 47(2): 103–107.
- Jankowska, B. and K. Wiech. 2006. The composition and role of parasitoids in reducing population densities of diamondback moth *Plutella xylostella* L. on different cabbage vegetables. *Journal of Plant Protection Research*, 46: 275–284.
- Marchioro, C. A. and L. A. Foerster. 2011. Development and survival of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) as a function of temperature: Effect on the number of generations in tropical and subtropical regions. *Neotropical Entomology*, 40: 533–541.
- McCully J. E. and M. D. Salas-Araiza. 1992. *Seasonal variation in populations of the principal insects causing contamination in processing broccoli and cauliflower in Central Mexico*. In: N. S. Talekar. (Ed.). *The Management of diamondback moth and other crucifer pests* Proceeding of the Second International Workshop. Asian Vegetable Research and Development Center Shanhua, Taiwan. 603 pp.
- Martínez-Jaime, O. A., Salas-Araiza, M. D. y J. A. Díaz-García. 2016. Estimación del número de adultos de *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) en función de temperatura y precipitación en brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) en Irapuato, Guanajuato, México. *Entomología mexicana*, 3: 375–381.
- Monnerat, R. G., Kirk, A. A. and D. Bordat. 2002. Biology of *Diadegma* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae), from Reunion Island. *Neotropical Entomology*, 31(2): 271–274.

- Ochoa, R., Carballo, M., Rutilio, Q. J. y J. R. Quezada. 1989. Aspectos de la biología y comportamiento de *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) y su parasitoida *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Manejo Integrado de Plagas*, 11: 21–30.
- Rodríguez, B. L. A., Badii, M. H. y A. E. Flores. 2000. *Bases ecológicas del control biológico*. Pp. 19–31. In: M. H. Badii, A. E. Flores y L. J. Galán W. (Eds.). *Fundamentos y Perspectivas de Control Biológico*. UANL. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.
- Salas-Araiza, M. D., Bravo, M. H., McCully, J. E., Alatorre, R. R. y E. Salazar-Solís. 1993. Dinámica poblacional de lepidópteros herbívoros de crucíferas en El Bajío, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 88: 69–78.
- Salazar-Solís, E. y M. D. Salas-Araiza. 2008. *Palomilla Dorso de Diamante, Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). Pp. 155–165. In: B. H. C. Arredondo y L. A. Rodríguez del Bosque. (Eds.). *Casos de Control Biológico en México*. Mundi Prensa México.
- Scalco, V. W., De Morais, A. B. B., Romanowski, H. P. and N. O. Mega. 2016. Population dynamics of the swallowtail butterfly *Battus polystictus* (Butler) (Lepidoptera: Papilionidae) with notes on its natural history. *Neotropical Entomology*, 45: 33–43.
- Sarfraz, M., Keddie, A. B. and L. M. Dossall. 2005. Biological control of the diamondback moth, *Plutella xylostella*: A review. *Biocontrol Science and Technology*, 15: 763–789.
- Shelton, A. M. and C. Pérez. 1993. Effects of sprayer and *Bacillus thuringiensis* species on control resistant and susceptible diamondback moth populations. Pp. 132–135. In: *Proceedings of the Vegetable Conference*. Syracuse, New York, USA. 2, 3 & 4 February.
- Shelton, A. M., Wyman, J. A., Cushing, N. L., Apfelbeck, K., Dennehy, T. J., Mahr, S. E. R. and S. D. Eigenbrode. 1993. Insecticide resistance of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) in North America. *Journal of Economic Entomology*, 86: 11–19.
- SIAP. 2016. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/Agricola_siap/AvanceNacionalCultivo.do. (Fecha de consulta: 20-I-2017).
- Statgraphics Plus Ver. 5.1 Professional. 2001. STSC and Statistical Graphics Corporation. Bakersville Maryland.
- Talekar, N. S. 1993. *Introduction of Diadegma semiclausum for the control of diamondback moth in Taiwan*. In: Diamondback Moth and Other Crucifer Pests. Pp: 263–270. In: N. S. Talekar. (Ed.). *Proceedings of the Second International Workshop*. Shanhua, Taiwan: Asian Vegetable Research and Development Center.
- Talekar, N. S. and A. M. Shelton. 1993. Biology, ecology and management of diamondback moth. *Annual Review of Entomology*, 38: 275–301.
- Talekar, N. S. and J. C. Yang. 1993. Influence of crucifer cropping system on the parasitism of *Plutella xylostella* (Lep., Yponomeutidae) by *Cotesia plutellae* (Hym., Braconidae) and *Diadegma semiclausum* (Hym., Ichneumonidae). *Entomophaga*, 38(4): 541–550.
- Xu, J., Shelton, A. M. and X. Cheng. 2001. Comparison of *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae) and *Microplitis plutellae* (Hymenoptera: Braconidae) as biocontrol agents of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): Field parasitism, insecticide susceptibility, and host searching. *Journal of Economic Entomology*, 94: 14–20.