

## Estimación de la población de adultos de *Diabrotica balteata* en función de la temperatura y precipitación, en el cultivo del maíz en Irapuato, Guanajuato, México

O.A. Martínez-Jaime<sup>1\*</sup>, M.D. Salas-Araiza<sup>1</sup>, y M.R. Abraham-Juárez<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Departamento de Agronomía División de Ciencias de la vida, Universidad de Guanajuato Campus Irapuato-Salamanca. <sup>2</sup> Departamento de Alimentos División de Ciencias de la vida, Universidad de Guanajuato Campus Irapuato-Salamanca. \*[oscarja@ugto.mx](mailto:oscarja@ugto.mx)

**RESUMEN:** Desde el punto de vista alimentario, económico y social, el maíz es el cultivo más importante de México, sin embargo, diversos factores limitan su producción, siendo los insectos uno de los más significativos, particularmente *Diabrotica balteata* (LeConte) (Coleoptera: Chrysomelidae) es una plaga de gran relevancia porque la larva se alimenta de la raíz, mientras que el adulto lo hace del follaje, ocasionando pérdidas considerables en infestaciones altas. Con el objeto de contribuir al conocimiento de la fluctuación poblacional de esta plaga como un elemento a considerar para hacer más eficiente su manejo integrado, mediante el uso de técnicas de regresión múltiple se estimó una función polinomial de tercer grado en términos de la temperatura (T) y la precipitación (P) con registros mensuales disponibles de 1993 a 2002, que permitió aproximar el número de adultos de *D. balteata* (Y) en el cultivo del maíz en la región de Irapuato, Guanajuato, México, la cual fue:  $Y = -111.9586 + 15.5984 \cdot T - 4.6132 \cdot P - 0.5421 \cdot T^2 + 0.0716 \cdot P^2 + 0.3137 \cdot T \cdot P - 0.0041 \cdot T \cdot P^2$ ,  $R^2=0.9799$ ; posteriormente se calculó el punto crítico (T=13.7°C, P=168.0 mm), a través de un procedimiento de optimización perteneciente a la familia de los métodos quasi-Newton que aproxima el algoritmo de Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno, el cual maximizó el número de adultos de esta especie (396.5 individuos).

**Palabras clave:** Cultivo de maíz, regresión múltiple, plaga, temperatura, precipitación.

**ABSTRACT:** From the alimentary, economic and social point of view, corn is the most important crop in Mexico, however, several factors limit its production, with insects being one of the most significant, particularly *Diabrotica balteata* (LeConte) (Coleoptera: Chrysomelidae) is a plague of great importance because the larva feeds on the root, while the adult does it on the foliage, causing considerable losses in high infestations. In order to contribute to the knowledge of the population fluctuation of this plague as an element to consider in order to make its integrated management more efficient, through the use of multiple regression techniques, a third degree polynomial function was estimated in terms of temperature (T) and precipitation (P) with monthly records available from 1993 to 2002, which allowed to approximate the number of adults of *D. balteata* (Y) in the corn crop in the region of Irapuato, Guanajuato, Mexico, which was:  $Y = -111.9586 + 15.5984 \cdot T - 4.6132 \cdot P - 0.5421 \cdot T^2 + 0.0716 \cdot P^2 + 0.3137 \cdot T \cdot P - 0.0041 \cdot T \cdot P^2$ ,  $R^2=0.9799$ ; subsequently the critical point (T=13.7°C, P=168.0 mm) was calculated, using an optimization procedure that belongs to the family of quasi-Newton methods that approximates the Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno algorithm, which maximized the number of adults of this specie (396.5 individuals).

**Keywords:** Corn crop, multiple regression, plague, temperature, precipitation.

**Área:** Cereales, leguminosas y oleaginosas

### INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es sin duda, el grano alimenticio más importante en México, debido a su aporte nutricional para la población humana, debido a que sigue siendo el ingrediente fundamental y una de las principales fuentes de energía en la dieta actual del pueblo mexicano; sin embargo, su cultivo enfrenta algunas dificultades, como es el caso de las plagas rizófagas, entre las cuales predomina el “gusano alfilerillo”, nombre que se le da a las larvas del complejo *Diabrotica* spp., de suma importancia dado que ocasiona reducciones en el rendimiento que van de 1 a 2.5 toneladas, lo cual en muchas regiones del país llega a representar alrededor del 70% de la producción de este cereal (Programa de Sanidad Vegetal, 2017). Particularmente en el estado de Guanajuato, *Diabrotica balteata*

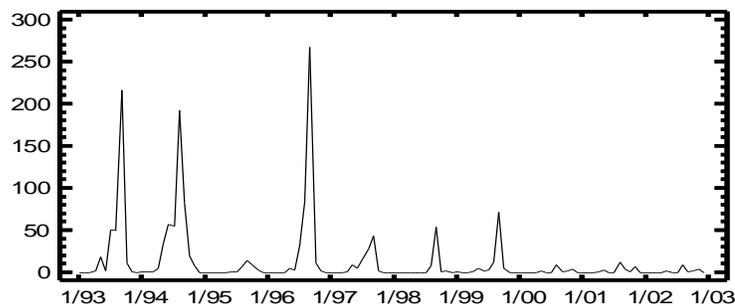
(LeConte) (Coleoptera: Chrysomelidae) es una especie multivoltina y polífaga, y su periodo de emergencia ocurre de julio a septiembre, cada hembra oviposita alrededor de 800 huevos. Las larvas pasan por tres estadios (Pérez *et al.*, 2010) y su ciclo de vida se completa en 32 días, con varias generaciones al año, a veces superpuestas dependiendo del clima y de la disponibilidad de alimento (García, 1999); los estadios larvarios se alimentan de la raíz, disminuyendo la capacidad de anclaje de la planta en el suelo, ocasionando que el tallo se desarrolle de manera deforme. A pesar de que la población de adultos se reduce en octubre, la plaga está presente hasta diciembre (García *et al.*, 1988), alimentándose del follaje y de los estilos tiernos de los jilotes durante la floración de las plantas, interfiriendo en la polinización y provocando una disminución en el número de granos de la mazorca. Se han propuesto algunos modelos que permiten conocer la densidad de las poblaciones de insectos, para lo cual se requiere de información específica de factores extrínsecos e intrínsecos que afectan su fluctuación a lo largo del tiempo (Venette *et al.*, 2010). Hodgson *et al.*, (2011) indicaron que las variables climáticas inciden en la duración de los ciclos de vida y la supervivencia de los individuos, lo que aumenta o disminuye sus poblaciones. Más aún, el modelado de las densidades poblacionales a través del tiempo, contribuye a generar sistemas de manejo, así como de alerta y riesgo fitosanitario. Asimismo, el manejo de las poblaciones de insectos-plaga mediante la modelación de sistemas complejos, es una herramienta de pronóstico que ha tenido una amplia aceptación (Acevedo *et al.*, 2010). Murtaugh *et al.*, (2012) probaron que los modelos cuantitativos de la fenología de los insectos son útiles para describir la ocurrencia de eventos en los ciclos de vida y los efectos del clima sobre la población. Con la intención de aportar información sobre la fluctuación de la densidad poblacional de esta especie de diabrotica, que pueda ser considerada para generar mejores sistemas de manejo y control de esta especie, en el cultivo de maíz en la región de Irapuato, Guanajuato, México, se planteó el presente estudio con el objetivo de estimar la densidad de adultos de *D. balteata*, en función de dos variables climáticas con registros disponibles de diez años (1993 a 2002), así como calcular los valores de temperatura y precipitación para los cuales se presenta el número máximo de individuos adultos de este crisomélido.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó utilizando información de un ensayo efectuado en el periodo comprendido de enero de 1993 a diciembre de 2002, en el campo experimental de la División de Ciencias de la Vida de la Universidad de Guanajuato (DICIVA-UG), ubicado en la Ex-Hacienda “El Copal”, en Irapuato, Guanajuato, México; situado a una altura de 1757 m snm, 20°44'39" latitud N y 101°19'39" longitud O; con clima BS(hw)(h)(e) semicálido subhúmedo con lluvias en verano (García, 2004), con una temperatura media anual de 19.6°C y una precipitación pluvial acumulada anual de 575 mm (INEGI, 2017). En la toma de datos del ensayo, los adultos de *D. balteata* se recolectaron mediante doce trampas de luz negra de 15 watts, de acuerdo a la propuesta de Cantelo (1990); se instaló una trampa por mes en el borde de las parcelas de maíz del citado campo experimental. Los insectos fueron capturados mensualmente durante los diez años que abarcó este trabajo y se mataron con acetato de etilo previamente colocado en el recipiente de captura, este último se vació en una bolsa de cierre hermético y enseguida, se procedió a registrar el conteo de los adultos en el Laboratorio de Entomología de la DICIVA-UG. Los datos de temperatura media y precipitación pluvial acumulada se obtuvieron de la estación meteorológica “El Copal”, localizada en el mismo campo experimental. Para el análisis de la información, la variable dependiente fue el promedio mensual de individuos adultos de la especie bajo estudio, este se calculó con las observaciones registradas durante diez años, mientras que las variables independientes fueron los promedios mensuales de temperatura media (T) y de precipitación pluvial acumulada (P) de 1993 a 2002. A través de la técnica de regresión no lineal múltiple se estimó una función polinomial de tercer grado, finalmente se determinó el punto crítico de temperatura y precipitación (T, P) para el cual se maximizó el número de catarinitas de *D. balteata*, utilizando un método numérico de optimización.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presencia de *D. balteata* en esta zona del país, confirma lo reportado por García *et al.*, (2003), respecto a la ocurrencia de éste crisomélido en Guanajuato. En la figura 1 se observa que la especie *D. balteata*, registró el mayor número de individuos en los años 1993, 1994 y 1996, pero disminuyó drásticamente su población en 1995 y de 1997 a 1999, con muy pocos ejemplares recolectados en los últimos tres años del ensayo (2000 a 2002). Quijano *et al.*, (2010) indicaron que el factor más importante para modelar las poblaciones de la especie *Diabrotica virgifera* (Krysan & Smith) (Coleoptera: Chrysomelidae), la cual se presenta también en Guanajuato, lo constituye la precipitación pluvial, ya que ésta determina la humedad disponible en el suelo, que a su vez afecta las condiciones para la eclosión de los huevos. Murphy *et al.*, (2012) señalaron que las poblaciones de *Circulifer tenellus* (Baker) (Homoptera: Cicadellidae) están influidas principalmente por la temperatura y precipitación de los años previos, la abundancia fue mayor cuando ambas variables climáticas en el año anterior fueron altas. Quesada *et al.*, (2012) concluyeron que el contenido de humedad del suelo constituye el elemento más importante para los insectos que pupan en él, por lo que es posible que en este trabajo la humedad haya influido en la emergencia de adultos en los años en que disminuyó la población estudiada. La precipitación pluvial tuvo un descenso en 1994, lo que probablemente ocasionó la disminución de la densidad catarinitas de esta especie en el año siguiente (1995).

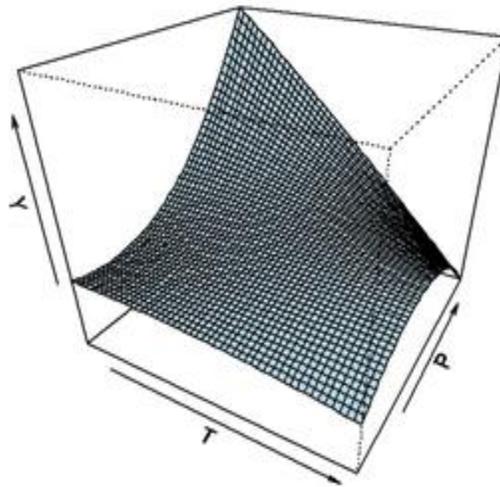


**Figura 1.** Fluctuación poblacional de adultos de *Diabrotica balteata* en maíz de 1993 a 2002. Irapuato, Guanajuato, México.

Se obtuvo el mejor modelo de regresión para este crisomélido, considerando como criterios de selección los valores del estadístico de prueba  $F=40.58$  con probabilidad  $P=0.0004^{**}$  del análisis de varianza de la regresión, rechazando la hipótesis nula y concluyendo que hay evidencia suficiente en la muestra para concluir que el polinomio estimado fue adecuado, cuya forma funcional fue:

$$Y = -111.9586 + 15.5984 \cdot T - 4.6132 \cdot P - 0.5421 \cdot T^2 + 0.0716 \cdot P^2 + 0.3137 \cdot T \cdot P - 0.0041 \cdot T \cdot P^2$$

donde  $Y$  es el promedio mensual del número de adultos de la especie bajo estudio,  $T$  es el promedio mensual de la temperatura media y  $P$  es el promedio mensual de la precipitación acumulada. El coeficiente de determinación fue  $R^2=0.9799$ , lo que permite recomendar esta función estimada como modelo de predicción. Un trabajo similar al presente, aplicando la misma técnica de regresión múltiple, fue el realizado por Marchioro y Foerster (2011), quienes manifestaron que la predicción del periodo de desarrollo de un insecto-plaga en relación con la temperatura es una herramienta importante para su manejo, por lo que es esencial que un modelo describa adecuadamente dicha relación. En otra investigación con la especie bajo estudio, se estudiaron las capturas de adultos de *D. balteata* con trampa de luz negra durante 14 años y su relación con el clima, logrando diseñar un modelo con buen ajuste ( $R^2 = 0.86$ ) para aproximar su densidad poblacional con fines de pronóstico, mejorando así el manejo de dicha plaga (Rodríguez y Magallanes, 1994). Gopar y Losada (2004) propusieron modelos de regresión múltiple para estimar la densidad de cuatro especies de curculiónidos en función de la temperatura, la precipitación y el fotoperiodo en el cultivo de alfalfa, utilizando conteos de adultos durante dos años, obteniendo coeficientes de determinación de 0.25, 0.48, 0.56 y 0.67, los cuales fueron más bajos que el obtenido en este trabajo. En la figura 2 se presenta la gráfica de la función polinomial estimada para la especie estudiada, en la que se observa que el número máximo fue de 396.50 adultos de *D. balteata*, y correspondió al punto crítico de temperatura (en °C) y precipitación (en mm) ( $T=13.7$ ,  $P=168.0$ ), valores que fueron calculados aplicando el procedimiento de optimización perteneciente a la familia de los métodos quasi-Newton que aproxima el algoritmo de Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno, que se encuentra implementado en el paquete de programación R (R development Core Team, 2008).



**Figura 2.** Gráfica de la función polinomial estimada para el número de adultos de *Diabrotica balteata* ( $Y$ ) en términos de la temperatura ( $T$ ) y la precipitación ( $P$ ).

## BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, P.A.I., Pinto, V.M., Garza, R.G., Ramírez, S.A., & Vera, J.G. 2010. Estimación del crecimiento poblacional de *Epilachna varivestis* Mulsant utilizando un modelo de simulación. *Southwest Entomol*, 35, 557-567.
- Cantelo, W.W. 1990. Comparative efficacy of a blacklight trap and a Robinson trap in trapping moths. *Southwest Entomol*, 15, 159-162.
- García, L.M.L., Meza, J.B., & Villarreal, E. 1988. Búsqueda de sitios preferidos para oviposición del gusano de la raíz del maíz. Resúmenes Primera reunión científica, forestal y agropecuaria. INIFAP Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Guanajuato. Celaya, Guanajuato. México (Publicación Especial Número 17).
- García, L.M.L. 1999. Condiciones para incubación del huevecillo de *Diabrotica virgifera zea* Kryan and Smith. Memorias XXXIV Congreso Nacional de Entomología. Sociedad Mexicana de Entomología, A.C. Aguascalientes, Aguascalientes, México. Pp. 313.
- García, L.M.L., Quijano, C.J.A., & Paredes, M.R. 2003. Las especies de *Diabrotica* (Coleoptera: Chrysomelidae) como plagas rizófagas del maíz en Guanajuato, México. Pp. 251-258. In: Aragón, G.A., Morón, M.A., & Marín, J.A. (Eds.). Estudios sobre Coleópteros del Suelo en América. Publicación Especial Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.
- 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.
- Gopar, A., & Losada, J.C.V. 2004. Estudio sobre la fluctuación poblacional de gorgojos (Coleoptera: Curculionidae) adultos que afectan a la alfalfa (*Medicago sativa*, L.). INTA EEA Anquil, publicación técnica. 57, 1-20.
- Hodgson, J.A., Thomas, C.D., Oliver, T.H., Anderson, B.J., Brereton, T.M., & Crone, E.E. 2011. Predicting insect phenology across space and time. *Glob Chang Biol*, 17, 1289-1300.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2017. Biblioteca Digital Colección InfoINEGI. México. (<http://www.inegi.org.mx>, consulta en línea: 26 noviembre 2017).
- Marchioro, C.A., & Foerster, L.A. 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. *Neotrop Entomol*, 40, 533-541.
- Murphy, A.F., Rondon, S.I., & Jensen, A.S. 2012. Population dynamics of the beet leafhopper (Hemiptera: Cicadellidae) in the Columbia Basin as influenced by abiotic variables. *Environ Entomol*, 41, 768-775.
- Murtaugh, P.A., Emerson, S.C., Mcevoy, P.B., & Higgs, K.M. 2012. The statistical analysis of insect phenology. *Environ Entomol*, 41, 355-361.
- Pérez, D.J.F., García, M.L.L., Álvarez, Z.R., & Rodríguez, L.A.B. 2010. "Diabroticas" como plagas del suelo. pp. 361-372. In: Rodríguez, B.L.A., & Morón, M.A. (Eds.). Plagas del Suelo. Mundi-Prensa. México, D.F.
- Programa de Sanidad Vegetal. 2017. Campaña de Manejo Fitosanitario de Maíz. Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Guanajuato (CESAVEG). México. (<http://www.cesaveg.org.mx/new/sanidadvegetal/manejomaiz.html>, consulta en línea: 23 de noviembre de 2017).
- Quesada, M.E., Valverde, P.G., & Garrido, I.J. 2012. The effect of temperature and soil moisture on the development on the preimaginal Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Environ Entomol*, 41, 966-970.
- Quijano, C.J.A., López, J.C., Rodríguez, L.A.B., Hernández, M.I.Z., & Palacios, V.C. 2010. Modelos de Simulación. Pp. 125-145. In: Rodríguez, L.A.B., & Morón, M.A. (Eds.). Plagas del Suelo. Mundi-Prensa. México, D.F.
- R Development Core Team. 2008. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>
- Rodríguez, B.L.A., & Magallanes, A. 1994. Seasonal abundance of *Diabrotica balteata* and other diabroticina beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in northeastern Mexico. *Environ Entomol*, 23, 1409-1415.
- Venette, R.C., Kriticos, D.J., Magarey, R.D., Koch, F.H., Baker, R.H.A., Worner, S.P., Gomez Raboteaux, N.N., McKenney, D.W., Dobesberger, E.J., Yemshanov, D., De Barro, P.J., Hutchison, W.D., Fowler, G., Kalaris, T.M., & Pedlar, J. 2010. Pest risk maps for invasive alien species: a roadmap for improvement. *Biosci J*, 60, (5), 349-362.