

MODELOS PARA ESTIMAR EL NÚMERO DE ADULTOS DE *Diabrotica undecimpunctata* Y *Diabrotica balteata* (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE) EN FUNCIÓN DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN LA REGIÓN DE IRAPUATO, GUANAJUATO.

Martínez-Jaime Oscar Alejandro¹, Salas-Araiza Manuel Darío¹, Díaz-García José Antonio², Bucio-Villalobos Carlos Manuel¹ y Salazar-Solís Eduardo¹. ¹Departamento de Agronomía, División Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. Ex-Hacienda “El Copal”, Km. 9; carretera Irapuato-Silao; A.P. 311; C.P. 36500; Irapuato, Guanajuato, México. oscarja@ugto.mx, salasm@ugto.mx, buciovillalobos@yahoo.com.mx y salazare@ugto.mx. ²Departamento de Estadística y Cálculo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; C.P. 25315; Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. jadiaz@uaaan.mx

RESUMEN: Utilizando técnicas de regresión múltiple multivariada se estimaron las curvas de crecimiento poblacional mediante polinomios de tercer grado en términos de la temperatura y la precipitación para aproximar el número de adultos de *Diabrotica undecimpunctata* (Harold) y *Diabrotica balteata* (LeConte) en Irapuato, Guanajuato. Además, los modelos obtenidos fueron comparados entre sí, y a través de técnicas estándar de programación matemática se calcularon los puntos críticos para la temperatura y la precipitación, para los cuales el número de individuos adultos de cada especie fue máximo.

Palabras clave: Curvas de crecimiento poblacional, *Diabrotica*, temperatura, precipitación.

Models to estimate the number of adults of *Diabrotica undecimpunctata* and *Diabrotica balteata* (Coleoptera: Chrysomelidae) in function of the temperature and precipitation in the region of Irapuato, Guanajuato

ABSTRACT: By using multivariate multiple regression techniques we estimated the populational growth curves by means of third degree polynomial models in terms of temperature and precipitation to approximate the number of adults of *Diabrotica balteata* (Harold) y *Diabrotica undecimpunctata* (LeConte) in Irapuato, Guanajuato. In addition, the obtained models were compared with each other, and by using standard techniques of mathematical programming were calculated the critical points of temperature and precipitation, for the maximum number of adult individuals of each species.

Key words: Population growth curves, *Diabrotica*, temperature, precipitation.

Introducción

En algunos municipios del estado de Guanajuato, las plagas rizófagas ocasionan pérdidas considerables en el cultivo de maíz, predominando el gusano alfilerillo, el gusano de alambre y la gallina ciega (Programa de Sanidad Vegetal, 2010). En México, *Diabrotica undecimpunctata* (Harold) y *Diabrotica balteata* (LeConte) son multivoltinas y polífagas. En Guanajuato, el periodo de emergencia de *D. balteata* ocurre de julio a septiembre y cada hembra oviposita alrededor de 800 huevos. Las larvas pasan por tres estadios (Pérez *et al.*, 2010) y el ciclo completo es de 32 días, con varias generaciones al año, a veces superpuestas dependiendo del clima y de la disponibilidad de alimento (García, 1999). A pesar de que la población de adultos se reduce en octubre, la plaga está presente hasta diciembre (García *et al.*, 1988).

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 y colaboradores (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 y colaboradores (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 las densidades poblacionales de *D. undecimpunctata* y *D. balteata*, que pueda ser considerada para generar mejores sistemas de manejo y control de estas especies, en el cultivo de maíz en Irapuato, Guanajuato, se planteó el presente estudio con los siguientes objetivos: 1) proponer formas funcionales iguales para las curvas de crecimiento poblacional de las dos especies de *Diabrotica*, 2) estimar estas curvas de crecimiento poblacional, 3) comparar las curvas de crecimiento que modelan la densidad poblacional de los adultos las dos especies bajo estudio en función de temperatura y precipitación con registros de diez años, y 4) estimar los valores de la temperatura y la precipitación para los cuales se presenta el número máximo de individuos adultos para ambas especies.

Materiales y Método

Periodo y lugar del estudio. El presente estudio se realizó de enero de 1993 a diciembre de 2002 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; 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, 2011).

Toma de datos. Los adultos de las especies *D. undecimpunctata* y *D. balteata* se recolectaron mediante doce trampas de luz negra de 15 watts (Cantelo, 1990); se instaló una trampa por mes en el borde de las parcelas de maíz. 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 zip y enseguida, se procedió a registrar el conteo de los insectos 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”.

Análisis de datos. Las variables dependientes fueron los promedios mensuales de individuos adultos de cada una de las dos especies, 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 (PP) de 1993 a 2002. Se realizó una prueba de independencia entre las variables dependientes, para decidir si el análisis sería univariado o multivariado. A través de técnicas de regresión múltiple multivariada se estimaron las curvas de crecimiento poblacional, ajustando un polinomio de tercer grado para cada una de las dos especies de *Diabrotica*, y en analogía con el coeficiente de determinación para el caso univariado, se reportaron dos medidas de asociación multivariada: la Λ de Wilks y la θ de Roy. Luego se realizó la comparación entre sí, de las dos curvas de crecimiento poblacionales y finalmente, se determinaron los puntos críticos de temperatura y precipitación (T, PP) para cada curva de crecimiento.

Resultados y Discusión

Estudio descriptivo de la densidad poblacional. La presencia de *D. undecimpunctata* y *D. balteata* en esta zona del país, confirma lo reportado por García y colaboradores (2003), respecto a la ocurrencia de éstos crisomélidos en Guanajuato. En las figuras 1 y 2 se observa que la especie con mayor número de individuos registrados en 1993, 1994 y 1996 fue *D. balteata*, ésta disminuyó drásticamente su población en 1995 y de 1997 a 1999, se recolectaron pocos ejemplares en el periodo

de 2000 a 2002. Aun cuando el número de individuos de *D. undecimpunctata* fue menor que *D. balteata*, se mantuvo constante en 1993, 1994 y de 1996 a 1999, pero su población se redujo considerablemente en 1995 y de 2000 a 2002.

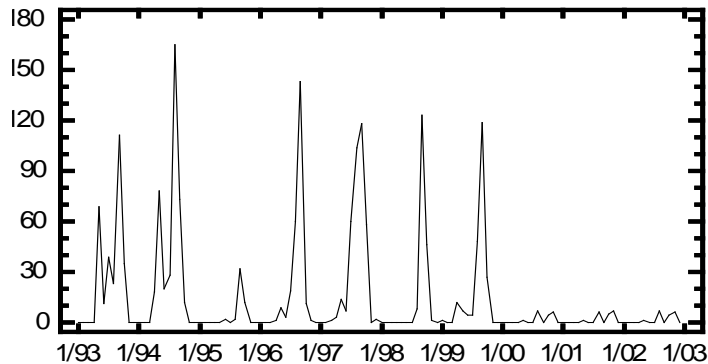


Figura 1. Fluctuación poblacional de adultos de *Diabrotica undecimpunctata* en maíz de 1993 a 2002. Irapuato, Guanajuato.

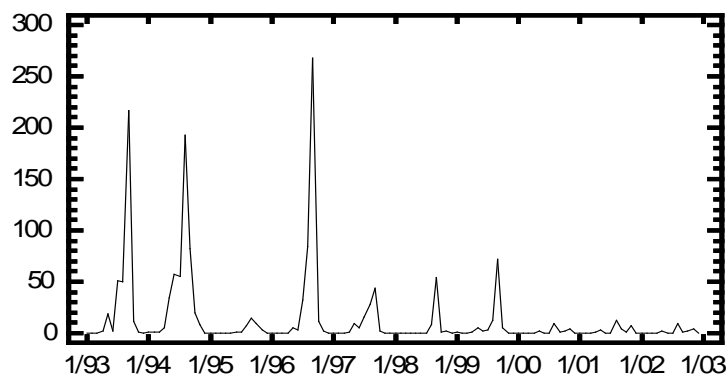


Figura 2. Fluctuación poblacional de adultos de *Diabrotica balteata* en maíz de 1993 a 2002. Irapuato, Guanajuato.

Quijano y colaboradores (2010), indicaron que la precipitación pluvial es el factor más importante para la modelación de las poblaciones de *D. virgifera* en Guanajuato, ya que determina la humedad disponible en el suelo, que a su vez afecta las condiciones para la eclosión de los huevos. Murphy y colaboradores (2012), señalaron que las poblaciones de *Circulifer tenellus* (Baker) están influidas principalmente por la temperatura y precipitación de los años previos, la abundancia fue mayor cuando la temperatura y precipitación en el año previo fueron altas. Quesada y colaboradores (2012), señalaron al contenido de humedad del suelo como el factor más importante para los insectos que pupan en él, por lo que es posible que ésta haya influido en la emergencia en los años en que disminuyeron las poblaciones estudiadas. La precipitación pluvial tuvo un descenso en 1994, lo que probablemente influyó en la disminución de las poblaciones de ambas especies en 1995.

Curvas de crecimiento multivariadas. Se aplicó a las variables respuesta, la prueba propuesta por Rencher (2002), con estadístico $U = 60.59283$ y probabilidad $P = 4.390932e-13$, rechazándose la hipótesis de independencia y recurriendo a técnicas multivariadas. Se estimó el modelo de regresión de manera univariada para cada especie, considerando como criterios de selección los valores de la prueba de F de los análisis de varianza de la regresión y los coeficientes de determinación parciales (R^2), cuya forma funcional se presenta en el cuadro 1. En el análisis de varianza multivariado de la regresión

Martínez-Jaime *et al.*: Modelos para estimar el número de adultos de *Diabrotica undecimpunctata*...

múltiple multivariada, se usó el criterio de Roy cuyo estadístico fue de 95.2 y una probabilidad para su correspondiente aproximación F de $P=8.548e-05$, rechazando la hipótesis nula, y concluyendo que hay evidencia suficiente en la muestra para concluir que los polinomios estimados para las curvas de crecimiento poblacional son adecuados. Se calcularon las medidas de asociación multivariadas de Wilks ($\Lambda = 0.9984$) y de Roy ($\theta = 0.9896$) (Rencher, 2002), valores que permiten recomendar dichas curvas de crecimiento estimadas como herramientas de estimación o predicción. Para la comparación de los modelos entre sí, se utilizó la prueba de hipótesis mediante el estadístico $W = 23171.78$ con probabilidad $P = 0^{**}$ (Graybill, 1976), por lo que las curvas de crecimiento poblacionales son diferentes. Trabajos similares al presente, aplicando la técnica de regresión múltiple univariada, fue el realizado por Marchioro y Foerster (2011), quienes concluyeron 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, se estudiaron las capturas de adultos de *D. balteata* con trampa de luz negra durante 14 años y su relación con el clima, y se logró diseñar un modelo con un buen ajuste ($R^2 = 0.86$) para aproximar su densidad poblacional con fines de pronóstico, lo que permitió mejorar el manejo de dicha plaga (Rodríguez y Magallanes, 1994). Gopar y Losada (2004) propusieron modelos de regresión múltiple univariados 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 más bajos (0.25, 0.48, 0.56 y 0.67) que los conseguidos en este trabajo. En la figura 3 se presentan las curvas de crecimiento estimadas para las dos especies estudiadas, en las que, conjuntamente con el cuadro 2, se observan los números máximos de adultos de cada especie, para cada correspondiente punto crítico de temperatura y precipitación (T, PP).

Conclusiones

Rechazar la prueba de igualdad de las dos curvas de crecimiento, implica que las dos especies de *Diabrotica* presentan un crecimiento poblacional diferente a través del tiempo, por lo tanto, los sistemas de manejo más eficientes para su control en el cultivo de maíz en la región de Irapuato, deben realizarse en diferente época del año, basándose en la predicción de las poblaciones con los modelos estimados, considerando las condiciones de temperatura y precipitación bajo las cuales se presenta el máximo número de individuos adultos de ambas especies.

Cuadro 1. Modelos de regresión múltiple multivariada para el número de adultos de dos especies de *Diabrotica* ($Y_i, i=1,2$), en términos de temperatura (T) y precipitación (PP), valores de la prueba de F, probabilidad P y coeficientes de determinación parciales R^2 .

Modelo : $Y_i = b_0 + b_1*T + b_2*PP + b_3*T^2 + b_4*PP^2 + b_5*T*PP + b_6*T*PP^2, i = 1,2,3$						
b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6
$(Y_1=Diabrotica undecimpunctata) (F=17.19, P=0.0034^{**} \text{ y } R^2=0.9538)$						
-1.028966e+02	1.759471e+01	-7.435836e+00	-6.973217e-01	8.865702e-02	4.687849e-01	-4.979279e-03
$(Y_2=Diabrotica balteata) (F=40.58, P=0.0004^{**} \text{ y } R^2=0.9799)$						
-1.119586e+02	1.559842e+01	-4.613222e+00	-5.420525e-01	7.155593e-02	3.136639e-01	-4.060324e-03

Cuadro 2. Puntos críticos de temperatura y precipitación (T, PP) y valores máximos del número de adultos de dos especies de *Diabrotica* ($Y_i, i=1,2$).

Especie	Temperatura (T)	Precipitación (PP)	Número de adultos (Y_i)
$Y_1=Diabrotica undecimpunctata$	14.0562	4.5000	3.2123
$Y_2=Diabrotica balteata$	13.7000	168.0000	396.5033

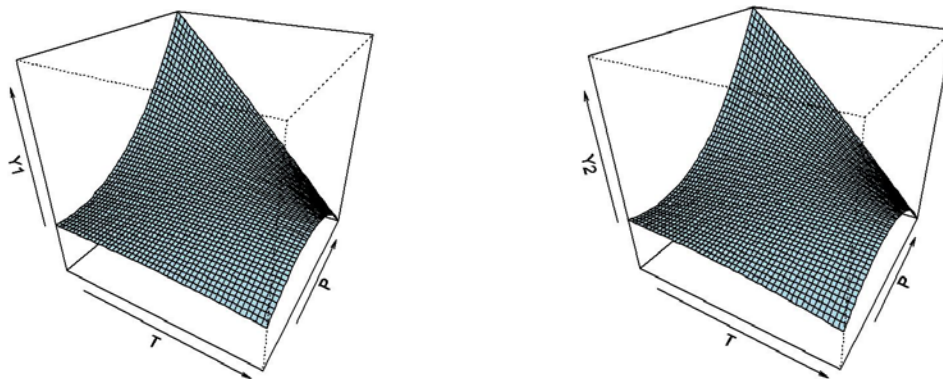


Figura 3. Curvas de crecimiento estimadas para el número de adultos de *Diabrotica undecimpunctata* (Y_1) y *Diabrotica balteata* (Y_2) en términos de la temperatura (T) y la precipitación (PP).

Literatura Citada

- Acevedo, P.A.I., V.M. Pinto, R.G. Garza, S.A. Ramírez and J.G. Vera. 2010. Estimación del crecimiento poblacional de *Epilachna varivestis* Mulsant utilizando un modelo de simulación. *Southwestern entomologist*. 35: 557-567.
- Cantelo, W.W. 1990. Comparative efficacy of a blacklight trap and a Robinson trap in trapping moths. *Southwestern entomologist*. 15: 159-162.
- García, L.M.L., J.B. Meza and E. Villarreal. 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, Gto. 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., C.J.A. Quijano and M.R. Paredes. 2003. Las especies de *Diabrotica* (Coleoptera: Chrysomelidae) como plagas rizófagas del maíz en Guanajuato, México. Pp. 251-258. In: Aragón, G.A., M.A. Morón and J.A. Marín. (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. and J.C.V. Losada. 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.
- Graybill, F.A. 1976. Theory and Application of the Linear Model. Duxbury Press. Boston, Mass. U.S.A.
- Hodgson, J.A., C.D. Thomas, T.H. Oliver, B.J. Anderson, T.M. Brereton and E.E. Crone. 2011. Predicting insect phenology across space and time. *Global change biology*. 17: 1289-1300.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2011. Biblioteca Digital Colección InfoINEGI. México. (<http://www.inegi.org.mx>, consulta en línea: 26 abril 2012).
- 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.

Martínez-Jaime *et al.*: Modelos para estimar el número de adultos de *Diabrotica undecimpunctata*...

- Murphy, A.F., S.I. Rondon and A.S. Jensen. 2012. Population dynamics of the beet leafhopper (Hemiptera: Cicadellidae) in the Columbia Basin as influenced by abiotic variables. *Environmental entomology*. 41: 768-775.
- Murtaugh, P.A., S.C. Emerson, P.B. Mcevoy and K.M. Higgs. 2012. The statistical analysis of insect phenology. *Environmental entomology*. 41: 355-361.
- Pérez, D.J.F., M.L.L. García, Z.R. Álvarez and L.A.B. Rodríguez. 2010. “Diabroticas” como plagas del suelo. pp. 361-372. In: Rodríguez, B.L.A. and M.A. Morón (Eds.). *Plagas del Suelo*. Mundi-Prensa. México, D. F.
- Programa de Sanidad Vegetal. 2010. 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 abril de 2012).
- Quesada, M.E., P.G. Valverde and I.J. Garrido. 2012. The effect of temperature and soil moisture on the development on the preimaginal Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Environmental entomology*. 41: 966-970.
- Quijano, C.J.A., J.C. López, L.A.B. Rodríguez, M.I.Z. Hernández and V.C. Palacios. 2010. Modelos de Simulación. Pp. 125-145. In: L.A.B. Rodríguez and M.A. Morón (Eds.). *Plagas del Suelo*. Mundi-Prensa. México, D.F.
- Rencher, A.C. 2002. *Methods of Multivariate Analysis*. Wiley, New York. U.S.A.
- Rodríguez B.L.A. and A. Magallanes. 1994. Seasonal abundance of *Diabrotica balteata* and other diabroticina beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in northeastern Mexico. *Environmental entomology*. 23: 1409-1415.
- Venette, R.C., D.J. Kriticos, R.D. Magarey, F.H. Koch, R.H.A. Baker, S.P. Worner, N.N. Gomez Raboteaux, D.W. McKenney, E.J. Dobesberger, D. Yemshanov, P.J. De Barro, W.D. Hutchison, G. Fowler, T.M. Kalaris and J. Pedlar. 2010. Pest risk maps for invasive alien species: a roadmap for improvement. *Bioscience*. 60(5): 349-362.