

Efectos de la fertilización en cultivos de maíz sobre la abundancia y distribución de *Macrodactylus nigripes* (Coleóptera: Melolonthidae) de las tierras altas del centro de México

Effects of fertilization in maize crops on abundance and distribution of *Macrodactylus nigripes* (Coleoptera: Melolonthidae) from highlands of Central Mexico

Rafael Guzmán-Mendoza*, Manuel Darío Salas-Araiza*, Josefina Calzontzi-Marín**, Rosario Martínez-Yáñez*, Luis Pérez-Moreno*

RESUMEN

Macrodactylus nigripes es una plaga en cultivos de maíz del centro de México, de la cual se sabe poco sobre su ecología. Por ello, el objetivo fue analizar la abundancia, la distribución y la fluctuación de la densidad de la especie con respecto a la fertilización. De junio a septiembre de 2008, 14 parcelas diferentes en fertilización fueron monitoreadas en tres visitas mensuales. El análisis de varianza (ANOVA, por sus siglas en inglés) indicó que la abundancia de escarabajos fue alta en parcelas de fertilización orgánica (PFO) (4.7 ± 0.54) y parcelas con fertilización mixta (PFM) (4.6 ± 0.4) y baja en parcelas de fertilización convencional (PFC) (2.2 ± 0.2); también sugiere que el tiempo tiene un efecto significativo sobre la abundancia. Los patrones de distribución fueron diferentes: en PFM la distribución fue agrupada, pero en PFC fue regular y conglomerada y en PFO fue conglomerada y aleatoria. Las PFO promovieron más escarabajos, mientras que en PFM se observaron más fluctuaciones en la población.

ABSTRACT

Macrodactylus nigripes is a pest of maize crops from central Mexico, and little is known about its ecology. The aim of this study was to analyze the abundance, distribution and density fluctuation of this species with respect to fertilization of such crop. From June to September 2008, 14 lots with different fertilization regimes were monitored with three times each month. The Analysis Of Variance (ANOVA) showed that beetle abundance was high in organic fertilization plots (PFO by its acronym in Spanish) (4.7 ± 0.54) and mixed fertilization plots (PFM by its acronym in Spanish) (4.6 ± 0.4) and low in conventional fertilization plots (PFC by its acronym in Spanish) (2.2 ± 0.2). Results also suggest that the time period has a significant effect on abundance. The patterns of distribution were different, in PFM the distribution was clumped, but in PFC there were regular and clumped distributions, and in PFO both clumped and random distributions were observed. Lots with organic fertilization promoted more beetles while more fluctuations were observed in the *M. nigripes* population in mixed fertilization.

Recibido: 21 de mayo de 2015

Aceptado: 18 de noviembre de 2015

Palabras clave:

Agroecología; biodiversidad; fertilización; malezas; plagas del maíz.

Keywords:

Agroecology; biodiversity; fertilization; maize pests; weeds.

Cómo citar:

Guzmán-Mendoza, R., Salas-Araiza, M. D., Calzontzi-Marín, J., Martínez-Yáñez, R., & Pérez-Moreno, L. (2016). Efectos de la fertilización en cultivos de maíz sobre la abundancia y distribución de *Macrodactylus nigripes* (Coleóptera: Melolonthidae) de las tierras altas del centro de México. *Acta Universitaria*, 26(1), 3-11. doi: 10.15174/au.2016.802

INTRODUCCIÓN

La diversidad, la abundancia y la distribución de los insectos dentro de un sistema agrícola depende de factores intrínsecos al sistema de cultivo, como la densidad de las plantas, la forma de manejo de la parcela y el arreglo espacial (Herrera, Cadena & Sanclemente, 2005; Shah, Brooks, Ashby, Perry & Woiwod, 2003), donde un aspecto clave es la fertilización. Algunos estudios han encontrado que suelos con alto contenido orgánico promueven una mayor cantidad de interacciones biológicas que repercute en una superior resistencia al ataque de plagas y un incremento en la fertilidad (Nicholls & Altieri, 2006); en contraste con la aplicación de suplementos externos, hay

* Departamento de Agronomía, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. Ex Hacienda El Copal km. 9, carretera Irapuato-Silao, apartado postal 311, Irapuato, Gto., México, C.P. 36824. Tel. y fax: (462) 624 18 89, ext. 5238. Correo electrónico: rgzmmz@yahoo.com.mx

** Instituto de Ciencias Agrícolas y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México.

un decremento de la biodiversidad (Altieri, 1999; Pfiffner & Luka, 2003), con consecuencias que resultan en un gasto mayor por pago de servicios extraordinarios, como los generados para controlar plagas (Altieri, 2011; Doube, Macqueen, Ridsdill-Smith & Weir, 1991).

La fertilización del suelo es una de muchas variables agroecológicas que influyen sobre la distribución y la abundancia de las poblaciones de insectos que habitan en los agroecosistemas. Wait, Jones & Coleman (1998) encontraron que la fertilización nitrogenada no sólo afecta el desarrollo de las hojas de los cultivos, sino también los hábitos alimenticios de los herbívoros. Veromann *et al.* (2013) evaluaron cómo la fertilización con nitrógeno influye en el daño que las plagas causan a las plantas cultivadas en función de la concentración de este elemento. De esta forma se ha observado que la adición de estiércol como fertilizante disminuye la abundancia de organismos plaga, como *Alphitobius diaperinus* Panzer, 1797 (Coleóptera: Tenebrionidae) (Kaufman, Collen, Waldron & Rutz, 2005); Boiteau, Lynch & Martín (2008), a pesar de que no encontraron una relación significativa entre escarabajos adultos y la fertilización orgánica, ésta sí fue observada para sus larvas con respecto a la fertilización y el tiempo. Por otro lado, se ha propuesto que los efectos del manejo como la fertilización mediante insumos orgánicos como el estiércol no influye de manera notable sobre la abundancia de escarabajos como los estafilínidos (Hofmann & Mason, 2006).

En las parcelas de maíz del centro de México, el escarabajo *Macrodactylus nigripes* Bates, 1887 (Coleóptera: Melolonthidae), conocido localmente como *frailecillo* o *langosta*, es considerado una plaga de importancia agrícola (Arce-Pérez & Morón, 2000; Arredondo-Bernal, Cibrián-Tovar & Williams, 1995). Las larvas se alimentan de las raíces, y en la etapa adulta consumen hojas, yemas, flores y frutos de muchas plantas de importancia alimentaria (Arce-Pérez & Morón, 2000). Se ha reportado que *M. nigripes* puede disminuir el rendimiento del maíz de un 20% hasta un 70% (Caselín-Castro, Carrillo-Sánchez, Landerl-Cazares & Bravo-Mojica, 2003). No obstante, se han realizado pocos estudios en torno a esta especie que tengan como fin conocer la ecología de esta plaga para la construcción de un plan de manejo agroecológico. Lo anterior es importante donde la producción de granos se realiza mediante el sistema milpa, que consiste de policultivos con tolerancia a una gran diversidad de plantas arvenses mismas que son consumidas, cosechadas y toleradas (Brush, Tadesse & Van Dusen, 2003). Por esta razón, se evaluó la hipótesis de que la abundancia de los escarabajos es menor en las parcelas con fertilización

orgánica donde, según algunos estudios, se incrementa la heterogeneidad espacial y la diversidad de especies (Martínez & Lumaret, 2006; Nicholls & Altieri, 2006), con el objetivo de analizar si la abundancia y la distribución de *M. nigripes*, en fase adulta, es afectada por el tipo de fertilización que se aplica a parcelas de maíz criollo, y evaluar la fluctuación poblacional a lo largo de un ciclo productivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

La comunidad de Dotegiare se encuentra en la zona noroeste (NW) del Estado de México, en el municipio de San Felipe del Progreso. El clima es templado subhúmedo (Cw2) con temperatura media anual que oscila entre 18 °C y 20 °C; se presentan lluvias en verano con una precipitación anual de 200 mm a 1800 mm, concentradas de junio a septiembre. El tipo de vegetación es de bosque de encino, dominado por *Quercus rugosa* Nee (Fagaceae). Tiene una altitud de 2721 msnm, con coordenadas geográficas 19°42'02.5" N y 100° 03' 02.0" W. La principal actividad agrícola es la producción de maíz criollo (*Zea mays* L. Poaceae) en tierras de temporal, seguida de otras especies de importancia alimentaria como haba (*Vicia faba* L. Fabaceae) y avena (*Avena sativa* L. Poaceae). La región registra un historial de incidencia y ataque de *M. nigripes* desde hace más de 20 años (obs. pers.). De acuerdo con la información recabada de los productores, el manejo en términos generales está poco tecnificado y no reciben asesoría especializada para la producción y no tienen acceso a semillas mejoradas, situación que es común en la región (Calzontzi, 2015).

Conteo de individuos adultos

El muestreo de adultos se llevó a cabo durante los meses de junio-septiembre de 2008, en 14 parcelas con diferentes esquemas de fertilización (orgánico, convencional y mixto). El acceso a los cultivos fue a partir del permiso otorgado por los productores, una vez que se explicaron los objetivos del trabajo y se les preguntó si deseaban participar. Se hicieron tres visitas mensuales, en cada visita se muestrearon cinco plantas por parcela de tres surcos centrales, de manera que durante todo el periodo de trabajo (cinco meses) fueron observadas 1050 plantas, de las que fueron recolectados manualmente todos los ejemplares que se encontraban sobre el follaje y colocados en viales con alcohol al 70%,

que sirvieron para ratificar la identidad de la especie, utilizando las claves de Arce-Pérez & Morón (2000). Los recorridos fueron de las 10:00 h hasta las 17:00 h del día, considerándolo como el tiempo de mayor movilidad de los escarabajos y que ha sido empleado en otros estudios (Pacheco-Flores, Castro-Ramírez, Morón & Gómez, 2008).

Definición del tipo de parcelas

La determinación de las parcelas de acuerdo con la fertilización se obtuvo a partir de encuestas sobre el manejo del cultivo. De esta manera, seis parcelas que en promedio fueron 0.19 ha \pm 0.03 ha estuvieron bajo una fertilización orgánica (PFO), que consistió en la adición de estiércol vacuno al suelo previo a la siembra sin compostear; el número de plantas observadas en este tipo de parcelas fue de 450 por surco. Tres parcelas (0.2 ha \pm 0.08 ha) con una fertilización mixta (PFM) que combina la fertilización orgánica y química en una proporción de 50 – 50; el número de plantas observadas durante todo el estudio fue de 225 por surco. Finalmente, cinco parcelas (0.5 ha \pm 0.2 ha) bajo una fertilización convencional (PFC), donde el agricultor, al momento de la siembra, añadió fertilizantes químicos al suelo (urea y 18 – 46 – 00); el número de plantas observadas aquí fue de 375 por surco.

Análisis estadístico

Abundancia espacial y temporal: fue realizado un análisis estadístico descriptivo, con el fin de evaluar la densidad promedio de adultos por parcela de acuerdo con la fertilización. También se aplicó un análisis de varianza (ANOVA, por sus siglas en inglés), de dos vías con medidas repetidas, para comparar el efecto del tiempo (meses) y la fertilización de la parcela sobre la abundancia promedio de *M. nigripes* y el efecto de la interacción de la temporalidad con la fertilización sobre la abundancia del insecto. En caso de diferencias significativas, se aplicó un análisis de comparaciones múltiples a través de la prueba de *Tukey*, con el objeto de reconocer los grupos que generan dichas diferencias con un nivel de significancia del 5%.

También se realizó un análisis de regresión exponencial, con el fin de estimar la relación entre la abundancia de escarabajos y el tiempo; además, fueron calculados los índices de correlación de *Pearson* para evaluar la relación entre la precipitación y la abundancia, porque se ha reportado correspondencia entre

ambas variables en algunos grupos del complejo gallina ciega (Díaz *et al.*, 2006). Para ello se obtuvieron datos de precipitación de 1981 al 2010 del Servicio Meteorológico Nacional, Estación: 00015183 El Oro, que se encuentra a 20 km del lugar de estudio. El programa que se utilizó para el análisis fue el SPSS 12.0 (INC. 2003 *SPSS For Windows Rel. 12.0* Chicago).

Distribución espacial y temporal

Las frecuencias observadas de los datos recolectados en campo durante los meses de muestreo para cada tipo de parcela fueron comparadas con las esperadas por azar, aplicando un análisis de bondad de ajuste con la prueba de *Kolmogorov-Smirnov*, utilizando el programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2011). En caso de diferencias significativas (una distribución no aleatoria), se calculó el índice de dispersión basado en la distribución de Poisson (σ^2/μ), para determinar el tipo de distribución espacial (Greig-Smith, 1983). Un valor del índice $\sigma^2/\mu < 1$ es considerado una distribución regular y $\sigma^2/\mu > 1$ una distribución agregada, de acuerdo con los modelos aleatorios sugeridos para cada valor del índice.

RESULTADOS

Abundancia de *M. nigripes* dentro de las parcelas

Durante el periodo de estudio fueron contabilizados 4082 individuos adultos. Para las parcelas PFO fueron encontrados el 57% del total; en PFC el 21% y en PFM el 26% (tabla 1). Por otro lado, el resultado del ANOVA de dos vías sugiere diferencias significativas en la abundancia promedio entre las parcelas ($F_{0.05(1)2, 225} = 23.3$, $p < 0.0001$). La prueba de comparaciones indica que el promedio de escarabajos presentes fue igual para las parcelas PFO y PFM, encontrándose la menor abundancia promedio en las parcelas PFC (figura 1a).

Tabla 1.
Escarabajos contabilizados por tipo de parcela.

Parcela	n	prom. \pm E.E.
PFO	2154	4.7 \pm 0.54
PFM	1051	4.6 \pm 0.4
PFC	877	2.2 \pm 0.2

n = número de escarabajos.
Fuente: Elaboración propia.

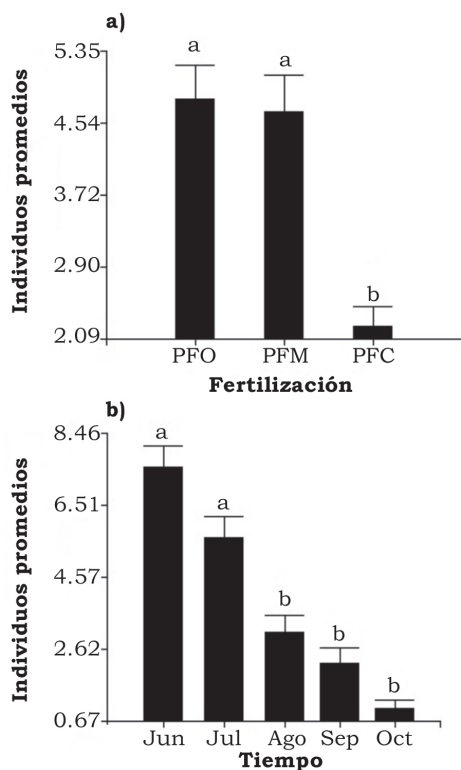


Figura 1. a) Abundancia promedio de escarabajos por parcelas con diferente fertilización. b) Abundancia promedio de escarabajos con respecto al tiempo medido en meses. Letras iguales no son significativamente diferentes ($\alpha = 0.05$), barras de error del 5%.

Fuente: Elaboración propia.

Abundancia espacio-temporal de escarabajos

El ANOVA de dos vías sugiere que la abundancia de escarabajos fue diferente con respecto al tiempo ($F_{0.05(1)4,225} = 31.1, p = 0.0001$); además de observarse un efecto de la interacción fertilización-tiempo ($F_{0.05(1)8,225} = 20.9, p = 0.0001$) sobre la abundancia promedio de escarabajos. Durante los meses de junio y julio se observó la mayor abundancia promedio en toda la zona de estudio ($n = 1669$, prom. = 7.9, E.E. = ± 1.05 y $n = 1278$, 6.08 ± 0.6 , respectivamente), en comparación con los meses subsiguientes de muestreo donde septiembre ($n = 368$, 1.7 ± 0.2) y octubre ($n = 226$, 1.07 ± 0.1) tienen los valores más bajos de incidencia. En este sentido, la prueba de comparaciones múltiples sugiere que junio y julio fueron iguales entre sí, pero diferentes a los resultados obtenidos en los muestreos de agosto, septiembre y octubre, donde la abundancia promedio de escarabajos fue estadísticamente igual (figura 1b). Por otro lado, se detecta una disminución

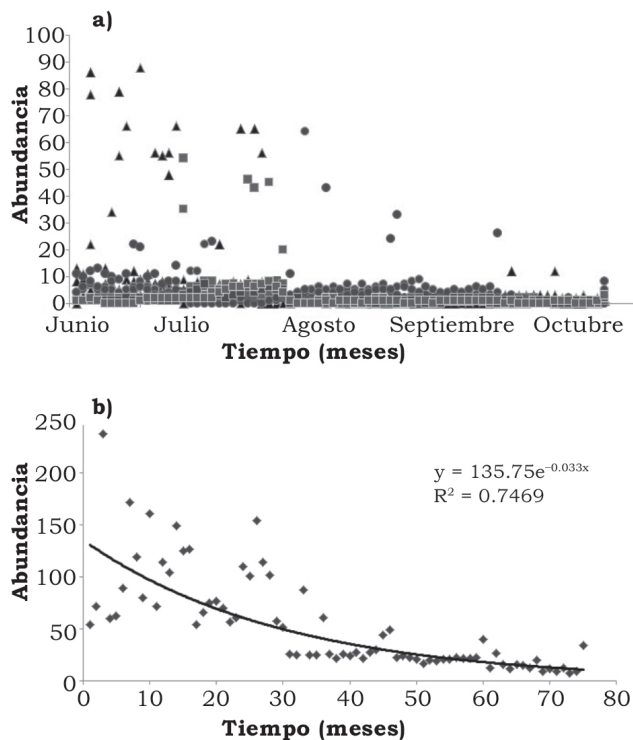


Figura 2. a) Número de individuos de *M. nigripes* contabilizados en el tiempo de acuerdo con el tipo de fertilización de las parcelas (triángulos: fertilización orgánica, círculos: fertilización mixta y cuadros: fertilización convencional). b) La disminución de la cantidad de adultos con respecto al tiempo (meses) fue una relación exponencial negativa significativa.

Fuente: Elaboración propia.

marcada en la presencia de escarabajos con respecto al tiempo (figura 2a), que fue estadísticamente significativa de acuerdo con el análisis de regresión ($F_{1,74} = 215.4, p < 0.0001$), con un coeficiente de correlación de 0.86 y uno de determinación de 0.74 (figura 2b).

El análisis de las abundancias de *M. nigripes* con respecto al tiempo y al tipo de parcela mostró un patrón diferente con respecto a la fertilización de la parcela. Así, en PFO los escarabajos fueron muy abundantes en algunas parcelas entre junio ($n = 1235$) y julio ($n = 572$), pero disminuyeron drásticamente entre agosto ($n = 131$) y septiembre ($n = 77$), y aumentaron ligeramente en el último mes ($n = 136$); en PFM se observó una fluctuación importante en el tiempo, por ejemplo la cantidad de escarabajos se incrementó en agosto ($n = 327$) y septiembre ($n = 224$), pero en octubre la cantidad disminuyó hasta 41; en PFC las abundancias importantes se observaron únicamente durante julio ($n = 576$) hasta llegar a 49 individuos en octubre (tabla 2,

figura 3). A pesar de que la cantidad de escarabajos disminuyó con el tiempo, sólo en PFO esta relación fue significativa ($R^2 = 0.49$, $F_{1,28} = 27.5$, $p = 0.0001$).

En la correlación entre la abundancia y la precipitación, los resultados muestran que no todas las abundancias de adultos se correlacionaron con la precipitación, sólo en PFM y PFC hubo valores positivos

que fueron significativos entre las variables (tabla 3). La abundancia mayor al comienzo del estudio en PFO ($n = 1238$) y el incremento en octubre ($n = 136$) pueden estar incidiendo en estos resultados; en cambio, en parcelas PFM y PFC la población decrece con el tiempo y las precipitaciones, a pesar del pico observado en julio en PFC (figura 4).

Tabla 2.
Abundancia mensual promedio (prom. \pm E.E.) para cada tipo de parcela.

Parcelas	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
PFO	13.8 \pm 2.2	6.3 \pm 1.1	1.4 \pm 0.1	0.8 \pm 0.08	1.5 \pm 0.1
PFM	7.3 \pm 0.6	2.8 \pm 0.7	7.2 \pm 1.6	4.9 \pm 0.8	0.9 \pm 0.2
PFC	1.4 \pm 0.07	7.6 \pm 1.1	0.5 \pm 0.07	0.8 \pm 0.06	0.6 \pm 0.08

Fuente: Elaboración propia.

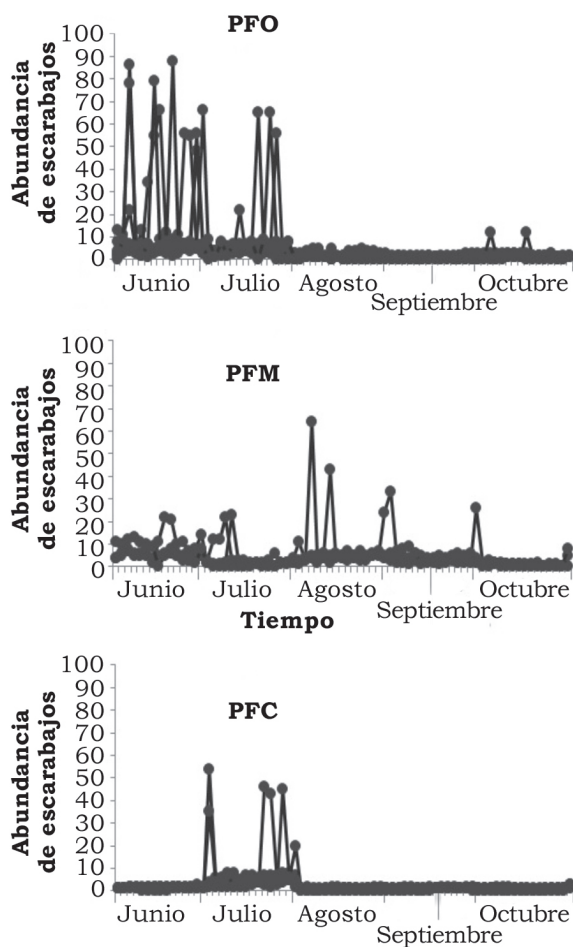


Figura 3. Dinámica de las abundancias de *M. nigripes* con respecto al tiempo y al manejo de las parcelas.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.
Resultado del análisis de correlación de *Pearson* entre abundancia de *M. nigripes* y la precipitación.

Abundancia	Precipitación	
	r	p
PFO	0.56	0.09
PFM	0.85	0.001
PFC	0.64	0.04

r = coeficiente de correlación de *Pearson*, p = probabilidad.
Fuente: Elaboración propia.

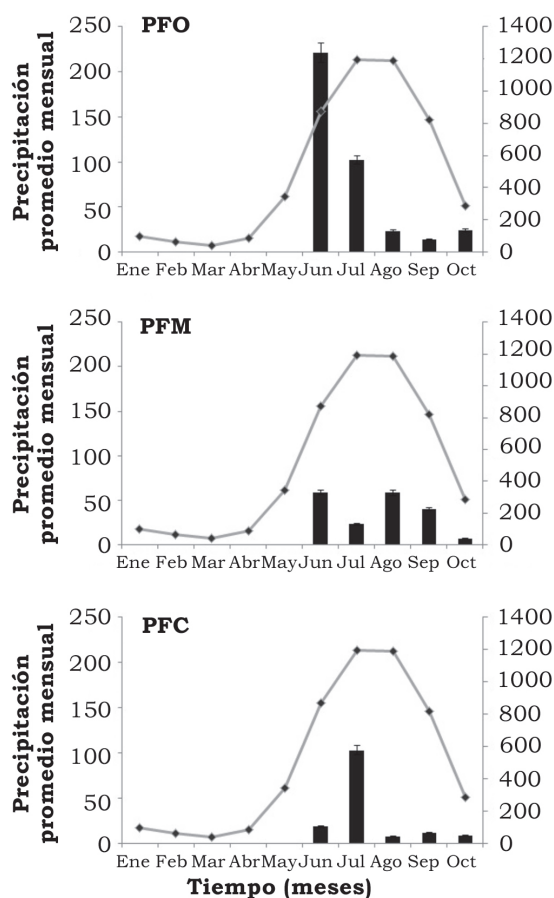


Figura 4. Distribución mensual de la precipitación y abundancia de escarabajos presentes en PFO, PFM y PFC. Barras de error del 5%.
Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la distribución espacial, durante junio y julio los escarabajos presentaron un patrón conglomerado tanto en PFO como en PFM. Durante todo el estudio, sólo en PFM se mantuvo una distribución agrupada; en PFC se observaron patrones de agrupación regular en junio y septiembre, y conglomerada en julio, en agosto y octubre no hubo diferencias significativas entre las frecuencias analizadas con la prueba de bondad de ajuste; estas mismas nulas diferencias fueron encontradas en agosto y septiembre para las parcelas PFO, lo que sugiere una distribución aleatoria en estos meses (tabla 4).

DISCUSIÓN

La relación entre la abundancia y el tiempo corresponde con el desarrollo del cultivo, como ha sido observado en otras especies del género (Arredondo-Bernal *et al.*, 1995; Hernández & Benz, 2004; Isaacs, Mercader & Wise, 2004). La emergencia de los adultos a principios de mayo coincide con una etapa de rápido crecimiento del maíz, donde la altura oscila entre 0.90 m y 1.00 m. Sin embargo, es hasta mediados de julio cuando se observa un incremento importante en la abundancia de *M. nigripes* dentro de las parcelas con fertilización orgánica. Varios factores pueden estar influyendo en este proceso.

Por un lado, se tiene que alrededor de las milpas existe flora silvestre que mantiene a la población de *M. nigripes* explotando estos recursos; en este estudio se observaron adultos alimentándose del follaje de la jara (*Senecio salignus* D.C. Asteraceae), considerada un huésped frecuente del escarabajo (Caselín-Castro *et al.*, 2003), el mirasol (*Cosmos bipinnatus* Cav. Asteraceae), *Baccharis conferta* Kunth (Asteraceae) y otras especies de malezas que fueron más abundantes, diversas y notablemente embebidas dentro de las PFO.

En este sentido, estas plantas están actuando como refugio, percha y alimento del frailecillo, promoviendo incrementos en la abundancia; lo anterior ha sido observado al estudiar las abundancias de las comunidades de escarabajos en parcelas con manejo orgánico (Shah *et al.*, 2003), además de que los índices de dispersión durante todo el trabajo de campo muestran un patrón agregado, lo que sugiere preferencias por ciertas porciones del hábitat.

Estas interacciones pueden explicar también por qué no en todos los tipos de parcelas los resultados de las abundancias se correlacionan con la precipitación, sólo en aquellas PFM y PFC se encontró dicha correlación; la mezcla de materia orgánica y un fertilizante rico en nitrógeno pueden estar incidiendo en el resultado. Díaz *et al.* (2006) encontraron que las abundancias de especies de gallina ciega como *Cyclocephala lunulata* Burmeister, 1847, *C. comata* Bates, 1888 y *C. lurida* Bland, 1863 (Dynastidae) están correlacionadas con el fósforo y el nitrógeno amoniacal aplicado al suelo como fertilizantes, mientras que las abundancias de *Phyllophaga vetula* Horn, 1887 y *P. fulviventris* Moser, 1918 (Melolonthidae) tuvieron correlación con el tipo de suelo y la precipitación. La cantidad baja de escarabajos observada en parcelas con fertilización convencional, principalmente en junio, puede deberse a la aplicación de fertilizantes sintéticos que afectan el crecimiento de otras plantas que son hospederas o fuentes de alimento para los insectos, y que no se encuentran cercanas a este tipo de parcelas. Algunos estudios han señalado que la tecnificación de la agricultura afecta la biodiversidad de los agroecosistemas, disminuyendo la riqueza de especies y simplificando la complejidad del hábitat (Perfecto, Vandermeer, Hanson & Cartín, 1997). Esto último es fundamental para los ecosistemas agrícolas, ya que influye sobre la abundancia y la distribución de los escarabajos (Carmona & Landis, 1999) y, en consecuencia, sobre la

Tabla 4. Patrones mensuales de distribución de acuerdo al índice de Poisson para *M. nigripes* (-) sin diferencias significativas en la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov.

Parcela	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
PFO	$\mu/\sigma^2 = 31.4$	$\mu/\sigma^2 = 18.4$			$\mu/\sigma^2 = 2.1$
	$\chi^2_{89} = 281.7$	$\chi^2_{89} = 329.1$	-	-	$\chi^2_{89} = 115.7$
	$p < 0.05$	$p < 0.05$			$p < 0.05$
PFM	$\mu/\sigma^2 = 2.6$	$\mu/\sigma^2 = 8.5$	$\mu/\sigma^2 = 16.1$	$\mu/\sigma^2 = 6.5$	$\mu/\sigma^2 = 2.3$
	$\chi^2_{44} = 25.1$	$\chi^2_{44} = 77.7$	$\chi^2_{44} = 217.6$	$\chi^2_{44} = 77.6$	$\chi^2_{44} = 11.0$
	$p < 0.05$	$p < 0.05$	$p < 0.05$	$p < 0.05$	$p < 0.05$
PFC	$\mu/\sigma^2 = 0.2$	$\mu/\sigma^2 = 13.9$		$\mu/\sigma^2 = 0.3$	
	$\chi^2_{74} = 32.5$	$\chi^2_{74} = 162.4$	-	$\chi^2_{74} = 23.9$	-
	$p < 0.05$	$p < 0.05$		$p < 0.05$	

Fuente: Elaboración propia.

diversidad y la abundancia de otras especies (Benton, Vickery & Wilson, 2003; Ponge *et al.*, 2013) que son capaces de ofrecer múltiples servicios ecosistémicos como el almacenamiento de carbono, el reciclaje de nutrientes, la regulación de microclimas y de procesos hidrológicos, y la regulación de la abundancia de organismos potencialmente dañinos para los cultivos (Altieri, 1999; Bengtsson, Ahnström & Weibull, 2005). A pesar de que las parcelas con manejo orgánico tuvieron una abundancia mayor en comparación con el resto de las parcelas, la población disminuye gradualmente con el tiempo, a diferencia de las PFM y PFC. Además, el patrón de distribución observado en PFO sugiere un tipo agregado por lo que los escarabajos se encuentran en ciertas partes del hábitat relacionados con aspectos ecológicos que generan mosaicos de diversidad dentro de cada parcela.

Por otro lado, el incremento de la abundancia observada en las PFC durante julio es una respuesta de la movilidad de *M. nigripes* dentro de los cultivos, tal como lo sugieren los resultados, pues las abundancias fueron bajas en las PFO a principios de julio y durante todo julio en las PFM. Además, el incremento de *M. nigripes* en cultivos de manejo convencional coincide con la aparición de la espiga hacia finales de julio. Arce-Pérez & Morón (2000) citan a los adultos de las especies de este género como consumidoras de polen y de tener un amplio espectro alimenticio sobre especies vegetales de importancia agrícola. Así, el descenso de la población en PFO de junio a julio puede deberse al desplazamiento de los escarabajos hacia las parcelas con PFC y sucesivamente hacia las PFM en agosto. Patrones de movimiento similares han sido observados en adultos del escarabajo *Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824 (Chrysomelidae), que cambiaron de plantas menos fertilizadas a más fertilizadas (Boiteau *et al.*, 2008), lo que explica el patrón poco claro de disminución con respecto al tiempo que se observó en estos cultivos, por lo que la fertilización mixta promueve un daño foliar al maíz prolongado en el tiempo. Estudios detallados de los efectos de la fertilización sobre la palatabilidad de los tejidos del cultivo de maíz y el contenido energético para los herbívoros son necesarios para evaluar el efecto sobre la susceptibilidad de las plantas al ataque de plagas y esclarecer los patrones de dispersión observados en el presente estudio. Se ha observado que factores ambientales y de contenido nutrimental disponible para la nutrición vegetal en los cultivos incrementan la calidad nutricional para los insectos herbívoros (Boiteau *et al.*, 2008) e inciden en rasgos agronómicos como el sabor y número de frutos (Graber & Junge, 2009), así como en el contenido de aceites esenciales (Tabatabaie & Nazari, 2007),

entre otros aspectos. El índice de dispersión regular en PFC durante junio y septiembre sugiere que los *M. nigripes* encontraron igual de atractivas las matas de maíz aunado a una simplificación en la heterogeneidad del hábitat como consecuencia del manejo. En contraste, la marcada fluctuación poblacional observada en PFM puede deberse a los dos tipos de fertilización; al igual que en las PFO, el patrón de dispersión encontrado durante el estudio fue agrupado como efecto de la aplicación de estiércol no composteado, considerando que para muchas especies del complejo gallina ciega, su presencia está correlacionada con la cantidad de materia orgánica más que por variables climáticas (Pérez-Agis, Morón, Nájera-Rincón & Castro-Ramírez, 2014). Además, este tipo de distribución es común en la naturaleza y también se ha observado en especies consideradas plaga (Cadahia, 1977; De los Santos, Montes & Ramírez-Díaz, 1982).

Una estrategia para controlar esta plaga que promueva la diversidad está en la aplicación de abonos orgánicos, complementados con otras variables como la densidad de las plantas dentro del cultivo, el arreglo espacial y la tolerancia de malezas que sirvan de atrayentes. En este sentido, se ha observado que la biodiversidad reunida en un cultivo permite una mayor diversidad florística que, en términos ecológicos, establece una relación estrecha entre ésta y la diversidad de insectos (Siemann, Tilman, Haarstad & Ritchie, 1998), lo que “encapsula” a las especies en una red de interacciones tróficas, simbióticas, entre otras. La complejidad en la estructura del hábitat dentro de los agroecosistemas influye sobre la abundancia y la distribución de los escarabajos (Carmona & Landis, 1999) y, en consecuencia, sobre la diversidad y la abundancia de las especies (Benton *et al.*, 2003; Ponge *et al.*, 2013); así, los sistemas de cultivo tradicional representan una mayor riqueza de especies que aquéllos tecnificados (Perfecto *et al.*, 1997). Otra alternativa puede estar en estrategias de labranza mínima y la liberación de organismos entomopatógenos, que han reportado beneficios económicos y menos ataques de insectos plaga (Hernández & Benz, 2004; Pinto, Cruz, Ramírez, Solís & Castillo, 2004). Para el caso de *M. nigripes*, la influencia de estos factores agronómicos deben ser identificados y evaluados.

CONCLUSIONES

La mayor abundancia de *M. nigripes* fue observada en PFO, sin embargo es importante evaluar factores como la heterogeneidad y la riqueza de especies que generan una compleja red de interacciones ecológicas

que potencialmente inhibe o regula la presencia de plagas. Además, se observó que el tipo de fertilización junto con otras variables agroecológicas influyen en la densidad de la población de escarabajos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los propietarios de las parcelas de la comunidad de Dotegiare, quienes permitieron el acceso para la realización del trabajo de campo. Asimismo, agradecen a los revisores anónimos por enriquecer este trabajo con sus comentarios.

REFERENCIAS

- Altieri, M. A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 74(1-3), 19-31.
- Altieri, M. A. (2011). *El rol ecológico de la biodiversidad en agroecosistemas*. Centro Latino Americano de Desarrollo Sustentable. Recuperado el 28 de julio de 2011 de <http://www.clades.cl/revistas/4/rev4art1.htm>
- Arce-Pérez, R., & Morón, M. A. (2000). Taxonomía y distribución de las especies de *Macrodactylus latreille* (Coleoptera: Melolonthidae) en México y Estados Unidos de América. *Acta Zoológica Mexicana*, 79, 123-239.
- Arredondo-Bernal, H. C., Cibrián-Tovar, J., & Williams, R. N. (1995). Responses of *Macrodactylus* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae) and other insects to food attractant in Tlaxcala and Jalisco, Mexico. *Florida Entomologist*, 78(1), 56-61.
- Bengtsson, J., Ahnström, J., & Weibull, A. C. (2005). The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 42(2), 261-269.
- Benton, T. G., Vickery, J. A., & Wilson, J. D. (2003). Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity key? *Trend in Ecology and Evolution*, 18(4), 182-188.
- Boiteau, G., Lynch, D. H., & Martin, R. C. (2008). Influence of Fertilization on the Colorado Potato Beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, in Organic Potato Production. *Environmental Entomology*, 37(2), 575-585.
- Brush, S. B., Tadesse, D., & Van Dusen, E. (2003). Crop diversity in peasant and industrialized agriculture: Mexico and California. *Society and Natural Resources*, 16(2), 123-141.
- Cadahia, D. (1977). Repartición especial de las poblaciones en entomología aplicada. *Boletín de Servicios de Plagas*, 3(1), 219-233.
- Calzontzi, M., J. (2015). *Reactivación territorial a través de un modelo de extensión agroecológico universitario como instrumento para la seguridad alimentaria, en San José del Rincón México* (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma del Estado de México: Toluca, México.
- Carmona, D. M., & Landis, D. A. (1999). Influence of refuge habitats and cover crops on seasonal activity-density of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in field crops. *Environmental Entomology*, 28(6), 1145-1153.
- Casellín-Castro, S., Carrillo-Sánchez, J. L., Landerl-Cazares, C., & Bravo-Mojica, H. (2003). Incidencia de *Macrodactylus nigripes* Bates Coleoptera Melolonthidae en maíz y haba en Tlaxcala México. *Agrociencia*, 37(3), 291-297.
- De los Santos, A., Montes, C., & Ramírez-Díaz, L. (1982). Modelos espaciales de algunas poblaciones de coleópteros terrestres en dos ecosistemas del Bajo Guadalquivir. Mediterránea. *Serie de estudios biológicos*, 6, 65-92.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2011). *InfoStat versión 2011*. Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba.
- Díaz M., P., Nájera R., M. B., Lezama G., R., Rebolledo D., O., Flores L., H. E., & Martínez S., J. A. (2006). Especies de gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae) y su asociación con factores agroclimáticos y de manejo del maíz en los Altos de Jalisco, México. *Fitosanidad*, 10(3), 209-215.
- Doube, B. M., Macqueen, A., Ridsdill-Smith, T. J., & Weir, T.A. (1991). Native and introduced dung beetles in Australia. En I. Hanski & Y. Cambefort (Ed.), *Dung beetle ecology* (pp. 255-278). USA: Princeton University Press.
- Graber, A., & Junge, R. (2009). Aquaponic systems: nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. *Desalination*, 246(1-3), 147-156.
- Greig-Smith, P. (1983). *Quantitative Plant Ecology*. Oxford: Blackwell.
- Herrera, J., Cadena, P., & Sanclemente, A. (2005). Diversidad de la artopofauna en monocultivo y policultivo de maíz (*Zea mays*) y habichuela (*Phaseolus vulgaris*). *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 6(1), 23-31.
- Hernández, S., & Benz, B. (2004). Enemigos naturales de *Macrodactylus murinus* Bates (Coleoptera: Scarabaeidae) en San Miguel, Sierra de Manantlán, Jalisco, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 8(1), 1-6.
- Hofmann, T. A., & Mason, C. F. (2006). Importance of management on the distribution and abundance of Staphylinidae (Insecta: Coleoptera) on coastal grazing marshes. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 114(1-2), 397-406.
- Isaacs, R., Mercader, R. J., & Wise, J. C. (2004). Activity of conventional and reduced-risk insecticides for protection of grapevines against the rose chafer *Macrodactylus subspinosus* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Journal of Applied Entomology*, 128(5), 371-376.
- Kaufman, P. E., Collen, R., Waldron, J. K., & Rutz, D. A. (2005). Suppression of adult lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae) using soil incorporation of poultry manure. *Journal of Economic Entomology*, 98(5), 1739-1743.
- Martínez, M. I., & Lumaret, J. P. (2006). Las prácticas agropecuarias y sus consecuencias en la entomofauna y el entorno ambiental. *Folia Entomológica Mexicana*, 45(1), 57-68.
- Nicholls, C. I., & Altieri, M. (2006). Manejo de la fertilidad de suelo e insectos plaga: armonizando la salud del suelo y la salud de las plantas en los agroecosistemas. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*, 77(8), 8-16.
- Pacheco-Flores, C., Castro-Ramírez, A. E., Morón, M. A., & Gómez y Gómez, B. (2008). Fauna de escarabajos melolontidos (Coleoptera: Scarabaeoidea) en el municipio de Villaflores, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 24(1), 139-168.

- Pérez-Agís, E., Morón, M. A., Nájera-Rincón, M. B., & Castro-Ramírez, A. E. (2014). Factores que influyen en la abundancia de larvas de Coleoptera: Melolonthidae con importancia agrícola en la región Purhépecha, Michoacán, México. *Acta Zoológica Mexica*, 30(1), 161-173.
- Perfecto, I., Vandermeer, J., Hanson, P., & Cartín, V. (1997). Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agro-ecosystem. *Biodiversity Conservation*, 6(7), 935-945.
- Pinto, V. M., Cruz C., P. O., Ramírez A., S., Solís A., J. F., & Castillo M., L. E. (2004). Evaluación de alternativas para el manejo integrado de plagas del frijol ejotero Chapingo México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(4), 385-389.
- Pfiffner, L., & Luka, H. (2003). Effects of low-input farming systems on carabids and epigeal spiders—a paired farm approach. *Basic and Applied Ecology*, 4(2), 117-127.
- Ponge, J. F., Pérés, G., Guernion, M., Ruiz-Camacho, N., Cortet, J., Pernin, C., Villenave, C., Chaussod, R., Martin-Laurent, F., Bispo, A., & Cluzeau, D. (2013). The impact of agricultural practices on soil biota: a regional study. *Soil Biology & Biochemistry*, 67, 271-284.
- Shah, P. A., Brooks, D. R., Ashby, J. E., Perry, J. N., & Woiwod, I. P. (2003). Diversity and abundance of the coleopteran fauna from organic and conventional management systems in Southern England. *Agricultural and Forest Entomology*, 5(1), 51-60.
- Siemann, E., Tilman, D., Haarstad, J., & Ritchie, M. (1998). Experimental test of the dependence of arthropod diversity on plant diversity. *The American Naturalist*, 152(5), 738-750.
- Tabatabaie, S. J., & Nazari, J. (2007). Influence of nutrient concentrations and NaCl salinity on the growth, photosynthesis, and essential oil content of peppermint and lemon verbena. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31(4), 245-253.
- Veromann, E., Toome, M., Kännaste, A., Kaasik, R., Copolovici, L., Flink, J., Kovács, G., Narits, L., Luik, A., & Niinemets, Ü. (2013). Effects on nitrogen fertilization on insect pest, their parasitoids, plant diseases and volatile organic compounds in *Brassica napus*. *Crop Protection*, 43, 79-88.
- Wait, D. A., Jones, C. G., & Coleman, H. S. (1998). Effects of nitrogen fertilization on leaf chemistry and beetle feeding are mediated by leaf development. *Oikos*, 82(3), 502-514.